

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-236252

(43)Date of publication of application : 23.08.2002

(51)Int.Cl.

G02B 13/00  
 G01J 1/04  
 G02B 1/04  
 G02B 1/08  
 G02B 5/18  
 G02B 13/18  
 G11B 7/135  
 G11B 7/24

(21)Application number : 2001-256422

(71)Applicant : KONICA CORP

(22)Date of filing : 27.08.2001

(72)Inventor : KIMURA TORU  
MORI NOBUYOSHI

(30)Priority

Priority number : 2000315100

Priority date : 16.10.2000

Priority country : JP

2000368383

04.12.2000

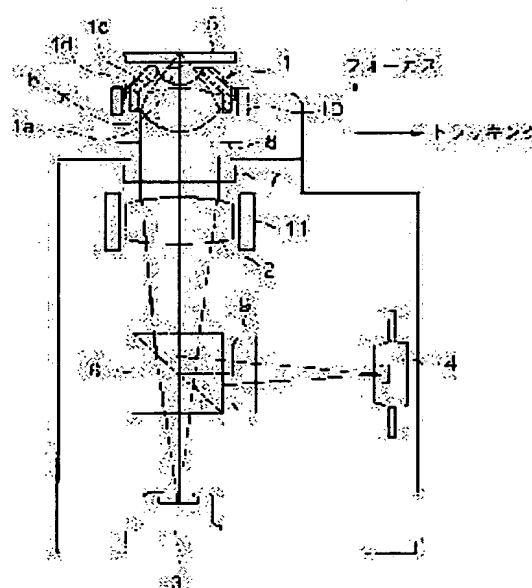
JP

(54) OBJECTIVE LENS, COUPLING LENS, CONDENSING OPTICAL SYSTEM, OPTICAL PICKUP DEVICE AND RECORDING AND REPRODUCING DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a high-performance objective lens coping with making the numerical aperture of the objective lens high, a coupling lens having simple and inexpensive constitution capable of compensating axial chromatic aberration, and further a condensing optical system and an optical pickup device capable of effectively compensating the fluctuation of spherical aberration caused on an optical surface.

SOLUTION: This objective lens is composed of a 1st lens having positive refractive power and a 2nd lens having positive refractive power arranged in order from a light source side, and the 1st and the 2nd lenses are respectively formed of material whose specific gravity is  $\leq 2.0$  or plastic material, and satisfy a following expression.  $NA \geq 0.70$  (NA: specified image side numerical aperture necessary to record or reproduce an optical information recording medium). The coupling lens converts the divergency of divergent luminous flux from a light source and makes the luminous flux incident on the objective lens, and excessively compensates the axial chromatic aberration so that a focal distance may be longer to wavelength 10 nm shorter than use wavelength. The condensing optical system and the pickup device are equipped with the objective lens and the coupling lens, and further a spherical aberration compensating means.



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2002-236252  
(P2002-236252A)

(43) 公開日 平成14年8月23日 (2002.8.23)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード* (参考)
G 0 2 B 13/00		G 0 2 B 13/00	2 G 0 6 5
G 0 1 J 1/04		G 0 1 J 1/04	A 2 H 0 4 9
			G 2 H 0 8 7
G 0 2 B 1/04		G 0 2 B 1/04	5 D 0 2 9
1/08		1/08	5 D 1 1 9

審査請求 未請求 請求項の数69 OL (全 54 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2001-256422(P2001-256422)  
(22) 出願日 平成13年8月27日 (2001.8.27)  
(31) 優先権主張番号 特願2000-315100(P2000-315100)  
(32) 優先日 平成12年10月16日 (2000.10.16)  
(33) 優先権主張国 日本 (J P)  
(31) 優先権主張番号 特願2000-368383(P2000-368383)  
(32) 優先日 平成12年12月4日 (2000.12.4)  
(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000001270  
コニカ株式会社  
東京都新宿区西新宿1丁目26番2号  
(72) 発明者 木村 徹  
東京都八王子市石川町2970番地 コニカ株  
式会社内  
(72) 発明者 森 伸芳  
東京都八王子市石川町2970番地 コニカ株  
式会社内  
(74) 代理人 100107272  
弁理士 田村 敬二郎 (外1名)

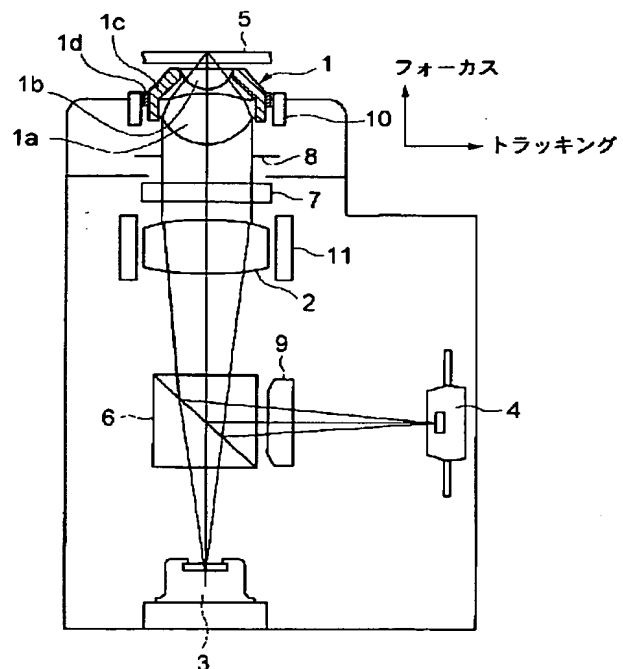
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 対物レンズ、カップリングレンズ、集光光学系、光ピックアップ装置及び記録・再生装置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 対物レンズの高開口数化に対応した高性能な対物レンズ、軸上色収差を補正可能な簡易で安価な構成のカップリングレンズ、更に、各光学面で発生する球面収差の変動を効果的に補正できる集光光学系及び光ピックアップ装置を提供する。

【解決手段】 対物レンズは、光源側から順に配置された正屈折力の第1レンズと正屈折力の第2レンズとからなり、第1レンズおよび第2レンズはそれぞれ比重が2.0以下の材料またはプラスチック材料から形成され、次式を満たす。 $NA \geq 0.70$  (NA: 情報記録媒体の記録または再生を行うのに必要な所定の像側開口数)。カップリングレンズは、光源からの発散光束の発散度を変換し、対物レンズへ入射させ、使用波長より10nm短い波長に対し焦点距離が長くなるように軸上色収差を過剰補正した。集光光学系及びピックアップ装置は、上述の対物レンズ及びカップリングレンズを備え、更に球面収差補正手段を備える。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 光情報記録媒体の記録および／または再生用の対物レンズであって、光源側から順に配置された正屈折力の第1レンズと正屈折力の第2レンズとからなり、前記第1レンズおよび前記第2レンズはそれぞれ比重が2.0以下の材料から形成され、次式を満たすことを特徴とする対物レンズ。

$$NA \geq 0.70$$

但し、NA：光情報記録媒体に記録又は再生を行うのに必要な所定の像側開口数

【請求項2】 光情報記録媒体の記録および／または再生用の対物レンズであって、光源側から順に配置された正屈折力の第1レンズと正屈折力の第2レンズとからなり、前記第1レンズおよび前記第2レンズはそれぞれプラスチックの材料から形成され、次式を満たすことを特徴とする対物レンズ。

$$NA \geq 0.70$$

但し、NA：光情報記録媒体に記録又は再生を行うのに必要な所定の像側開口数

【請求項3】 光情報記録媒体の記録および／または再生用の対物レンズであって、光源側から順に配置された正屈折力の第1レンズと正屈折力の第2レンズとからなり、前記第1レンズおよび前記第2レンズはそれぞれ比重が2.0以下の材料から形成され、少なくとも1つの光学面上に輪帯状の回折構造を有し、次式を満たすことを特徴とする対物レンズ。

$$vdi \leq 65.0$$

$$NA \geq 0.70$$

\*30

$$0.04 \leq \lambda \cdot f \cdot \sum_{i=1}^N (ni / (Mi \cdot Pi^2)) \leq 0.3$$

【請求項6】 前記回折構造で発生するn次回折光量が他のいずれの次数の回折光量よりも大きく、前記光情報記録媒体に対する情報の記録および／または再生するために、前記回折構造で発生したn次回折光を光情報記録媒体の情報記録面に集光することができることを特徴とする請求項3乃至5のいずれか1項に記載の対物レンズ。ここで、nは0、±1以外の整数である。

【請求項7】 前記回折面のうち少なくとも1つの回折面は、nを0、±1以外の整数としたとき、該回折面で発生する回折光のうち、n次回折光の回折光量が他のいずれの次数の回折光の回折光量よりも大きくなるように各回折輪帯の光軸方向の段差量が決定されていることを特徴とする請求項3乃至6のいずれか1項に記載の対物レンズ。

【請求項8】 次式を満たすことを特徴とする請求項1乃至7のいずれか1項に記載の対物レンズ。

$$NA \geq 0.80$$

\*但し、vdi：第iレンズのd線のアッペ数（i=1および2）

NA：光情報記録媒体に記録または再生を行うのに必要な所定の像側開口数

【請求項4】 光情報記録媒体の記録および／または再生用の対物レンズであって、光源側から順に配置された正屈折力の第1レンズと正屈折力の第2レンズとからなり、前記第1レンズおよび前記第2レンズはそれぞれプラスチック材料から形成され、少なくとも1つの光学面上に輪帯状の回折構造を有し、次式を満たすことを特徴とする対物レンズ。

$$vdi \leq 65.0$$

$$NA \geq 0.70$$

但し、vdi：第iレンズのd線のアッペ数（i=1および2）

NA：光情報記録媒体に記録または再生を行うのに必要な所定の像側開口数

【請求項5】 前記回折構造が形成された光学面を光源側から順に、第1回折面、第2回折面、・・・、第N回折面と呼ぶとき、前記第i回折面に形成された回折構造で発生する回折光のうち最大の回折光量をもつ回折光の次数をni、前記第i回折面の有効径内における輪帯数をMi、前記第i回折面の有効径内における輪帯間隔の最小値をPi（mm）、対物レンズ全系の焦点距離をf（mm）、及び使用波長をλ（mm）としたとき、次の数1に示す式を満たすことを特徴とする請求項3または4記載の対物レンズ。

【数1】

【請求項9】 前記第1レンズの最も光源側の面を第1面、前記第1レンズの最も光情報記録媒体側の面を第2面、前記第2レンズの最も光源側の面を第3面と呼ぶとき、前記第1面から前記第3面のうち、少なくとも2つの面が非球面であることを特徴とする請求項1乃至8のいずれか1項に記載の対物レンズ。

40 【請求項10】 次式を満たすことを特徴とする請求項1乃至9のいずれか1項に記載の対物レンズ。

$$1.2 \leq f1/f2 \leq 3.3$$

但し、fi：第iレンズの焦点距離（i=1および2）

【請求項11】 次式を満たすことを特徴とする請求項1乃至10のいずれか1項に記載の対物レンズ。

$$0.3 \leq (r2+r1)/(r2-r1) \leq 3.2$$

但し、ri：第i面の近軸曲率半径（i=1および2）

【請求項12】 光情報記録媒体の記録および／または再生用の対物レンズであって、

50 光源側から順に配置された正屈折力の第1レンズと正屈

折力の第2レンズとからなり、

前記第1レンズおよび前記第2レンズはそれぞれプラスチック材料から形成され、次式を満たすことを特徴とする対物レンズ。

$$0.09 \leq WD/f \leq 0.24$$

但し、WD：前記対物レンズのワーキングディスタンス (mm)

f：前記対物レンズの全系の焦点距離 (mm)

【請求項13】 次式を満たすことを特徴とする請求項12に記載の対物レンズ。

$$NA \geq 0.70$$

但し、NA：光情報記録媒体に記録または再生を行うのに必要な所定の像側開口数

【請求項14】 光情報記録媒体の記録および/または再生用の対物レンズであって、

光源側から順に配置された正屈折力の第1レンズと正屈折力の第2レンズとからなり、次式を満たすことを特徴とする対物レンズ。

$$NA \geq 0.70$$

$$0.07 \leq WD/ENP \leq 0.20$$

但し、NA：光情報記録媒体に記録または再生を行うのに必要な所定の像側開口数

WD：前記対物レンズのワーキングディスタンス (mm)

ENP：前記対物レンズの入射瞳径 (mm)

【請求項15】 光情報記録媒体の記録および/または再生用でありかつ500nm以下の波長の光を発生する光源を有する光ピックアップ装置用の対物レンズであって、

光源側から順に配置された正屈折力の第1レンズと正屈折力の第2レンズとからなり、

前記第1レンズおよび前記第2レンズはそれぞれプラスチックの材料から形成され、

前記プラスチック材料は、厚さが3mmにおける、光源が発生する光の波長での内部透過率が90%以上であって、

前記プラスチック材料は、飽和吸水率が0.1%以下であって、次式を満たすことを特徴とする対物レンズ。

$$NA \geq 0.70$$

但し、NA：光情報記録媒体に記録または再生を行うのに必要な所定の像側開口数

【請求項16】 次式を満たすことを特徴とする請求項12乃至15のいずれか1項に記載の対物レンズ。

$$NA \geq 0.80$$

【請求項17】 前記第1レンズの最も光源側の面を第1面、前記第1レンズの最も光情報記録媒体側の面を第2面、前記第2レンズの最も光源側の面を第3面と呼ぶとき、前記第1面から前記第3面のうち、少なくとも2つの面が非球面であることを特徴とする請求項12乃至16のいずれか1項に記載の対物レンズ。

【請求項18】 次式を満たすことを特徴とする請求項12乃至17のいずれか1項に記載の対物レンズ。

$$1.2 \leq f_1/f_2 \leq 5.0$$

但し、 $f_i$ ：第*i*レンズの焦点距離 ( $i=1$ および2)

【請求項19】 次式を満たすことを特徴とする請求項12乃至18のいずれか1項に記載の対物レンズ。

$$0.3 \leq (r_2 + r_1) / (r_2 - r_1) \leq 4.8$$

但し、 $r_i$ ：第*i*面の近軸曲率半径 ( $i=1$ および2)

【請求項20】 次式を満たすことを特徴とする請求項1乃至19のいずれか1項に記載の対物レンズ。

$$-0.15 < (X_1' - X_3') / ((NA)^4 \cdot f) < 0.10$$

ここで、 $X_1'$  および  $X_2'$  は以下の式で与えられる。

$$X_1' = X_1 \cdot (N_1 - 1)^3 / f_1$$

$$X_3' = X_3 \cdot (N_2 - 1)^3 / f_2$$

但し、 $X_1$ ：光軸に垂直で第1レンズの最も光源側の面の頂点に接する平面と、有効径最周辺（上記NAのマージナル光線が入射する第1レンズの最も光源側の面上の位置）における第1レンズの最も光源側の面との光軸方向の差 (mm) で、上記接平面を基準として光情報記録媒体の方向に測る場合を正、光源の方向に測る場合を負とする。

$X_3$ ：光軸に垂直で第2レンズの最も光源側の面の頂点に接する平面と、有効径最周辺（上記NAのマージナル光線が入射する第2レンズの最も光源側の面上の位置）における第2レンズの最も光源側の面との光軸方向の差 (mm) で、上記接平面を基準として光情報記録媒体の方向に測る場合を正、光源の方向に測る場合を負とする。

f：前記対物レンズの全系の焦点距離 (mm)

$N_1$ ：第1レンズ群の使用波長における屈折率

$N_2$ ：第2レンズ群の使用波長における屈折率

【請求項21】 次式を満たすことを特徴とする請求項20に記載の対物レンズ。

$$-0.08 < (X_1' - X_3') / ((NA)^4 \cdot f) < 0.05$$

【請求項22】 前記対物レンズは、500nm以下の波長の光を発生する光源を有する光ピックアップ装置用の対物レンズであって、厚さが3mmにおける、光源が発生する光の波長での内部透過率が85%以上である材料から形成されていることを特徴とする請求項1乃至14及び16乃至21のいずれか1項に記載の対物レンズ。

【請求項23】 厚さが3mmにおける、光源が発生する光の波長での内部透過率が90%以上である材料から形成されていることを特徴とする請求項22に記載の対物レンズ。

【請求項24】 飽和吸水率が0.5%以下である材料から形成されていることを特徴とする請求項1乃至14及び16乃至23のいずれか1項に記載の対物レンズ。

【請求項25】 飽和吸水率が0.1%以下である材料から形成されていることを特徴とする請求項24に記載の対物レンズ。

【請求項26】 情報の記録および／または再生を行う光情報記録媒体の透明基板の厚さが0.6mm以下であることを特徴とする請求項1乃至25のいずれか1項に記載の対物レンズ。

【請求項27】 光源と、前記光源から射出された光束を光情報記録媒体の透明基板を介して情報記録面上に集光させる対物レンズと、を含む記録および／または再生用の集光光学系であって、

前記対物レンズは請求項1乃至26のいずれか1項に記載の対物レンズであり、

前記光源と前記対物レンズとの間に、前記集光光学系の各光学面で発生する球面収差の変動を補正する球面収差補正手段を設けたことを特徴とする集光光学系。

【請求項28】 光源と、前記光源から射出された光束を光情報記録媒体の透明基板を介して情報記録面上に集光させる対物レンズと、を含む記録および／または再生用の集光光学系であって、

前記対物レンズは請求項1乃至26のいずれか1項に記載の対物レンズであり、

前記光源と前記対物レンズとの間に、温度・湿度変化に起因して前記集光光学系の各光学面で発生する球面収差の変動を補正する球面収差補正手段を設けたことを特徴とする集光光学系。

【請求項29】 光源と、前記光源から射出された光束を光情報記録媒体の透明基板を介して情報記録面上に集光させる対物レンズと、を含む記録および／または再生用の集光光学系であって、

前記対物レンズは請求項1乃至26のいずれか1項に記載の対物レンズであり、

前記光源と前記対物レンズとの間に、前記情報記録媒体の透明基板厚さの微小な変動に起因して前記集光光学系の各光学面で発生する球面収差の変動を補正する球面収差補正手段を設けたことを特徴とする集光光学系。

【請求項30】 光源と、前記光源から射出された光束を光情報記録媒体の透明基板を介して情報記録面上に集光させる対物レンズと、を含む記録および／または再生用の集光光学系であって、

前記光情報記録媒体が同一の光束入射面側に透明基板を挟んで複数の記録層を有し、

前記対物レンズは請求項1乃至26のいずれか1項に記載の対物レンズであり、

前記異なる記録層に集光させる際に前記対物レンズを光軸方向に変位させ、

前記光源と前記対物レンズとの間に、前記光情報記録媒体の光束入射面からそれぞれの記録層までの透明基板厚さの差異に起因して発生する球面収差の変動を補正する球面収差補正手段を設けたことを特徴とする集光光学

系。

【請求項31】 光源と、前記光源から射出された光束を光情報記録媒体の透明基板を介して情報記録面上に集光させる対物レンズと、を含む記録および／または再生用の集光光学系であって、

前記対物レンズは請求項1乃至26のいずれか1項に記載の対物レンズであり、

前記光源と前記対物レンズとの間に、前記光源の発振波長の変動に起因して前記集光光学系の各光学面で発生する球面収差の微小な変動を補正する球面収差補正手段を設けたことを特徴とする集光光学系。

【請求項32】 光源と、前記光源から射出された光束を光情報記録媒体の透明基板を介して情報記録面上に集光させる対物レンズと、を含む記録および／または再生用の集光光学系であって、

前記対物レンズは請求項1乃至26のいずれか1項に記載の対物レンズであり、

前記光源と前記対物レンズとの間に、温度・湿度変化、前記情報記録媒体の透明基板厚さの変動及び前記光源の発振波長の変動のうちの少なくとも2つの組み合わせに起因して前記集光光学系の各光学面で発生する球面収差の変動を補正する球面収差補正手段を設けたことを特徴とする集光光学系。

【請求項33】 前記球面収差補正手段は屈折率分布が可変であることを特徴とする請求項27乃至32のいずれか1項に記載の集光光学系。

【請求項34】 前記球面収差補正手段は、少なくとも1枚の正レンズと少なくとも1枚の負レンズを含み、略平行に入射する光束を入射を略平行に出射するビームエキスパンダの構成を有し、前記球面収差補正手段に含まれる少なくとも1つのレンズが光軸方向に沿って変位可能な可動要素に構成されていることを特徴とする請求項27乃至32のいずれか1項に記載の集光光学系。

【請求項35】 前記正レンズ及び前記負レンズが次式を満たすことを特徴とする請求項34に記載の集光光学系。

$$\nu d P > \nu d N$$

但し、 $\nu d P$ ：前記球面収差補正手段に含まれる正レンズのd線のアッペ数の平均値

$\nu d N$ ：前記球面収差補正手段に含まれる負レンズのd線のアッペ数の平均値

【請求項36】 前記正レンズ及び前記負レンズが次式を満たすことを特徴とする請求項35に記載の集光光学系。

$$\nu d P > 55.0$$

$$\nu d N < 35.0$$

【請求項37】 前記球面収差補正手段に含まれる正レンズのd線のアッペ数の平均値と、前記球面収差補正手段に含まれる負レンズのd線のアッペ数の平均値との差を $\Delta \nu$ として以下の条件式を満足し、



前記可動要素は比重が2.0以下の材料から形成されることを特徴とする請求項36に記載の集光光学系。

$$30 \leq \Delta v \leq 50$$

【請求項38】 前記球面収差補正手段に含まれる全ての正レンズのアップベ数が70.0以下または前記球面収差補正手段に含まれる全ての負レンズのアップベ数が40.0以上であって、前記正レンズおよび前記負レンズの少なくとも一方が、少なくとも1つの輪帯状の回折構造を有する回折面を備えることを特徴とする請求項34に記載の集光光学系。

【請求項39】 前記可動要素は比重が2.0以下の材料から形成されることを特徴とする請求項38に記載の集光光学系。

【請求項40】 前記球面収差補正手段はプラスチック材料から形成されることを特徴とする請求項38または39に記載の集光光学系。

【請求項41】 前記球面収差補正手段は飽和吸水率が0.5%以下である材料から形成されていることを特徴とする請求項40に記載の集光光学系。

【請求項42】 前記回折構造で発生するn次回折光量が他のいずれの次数の回折光量よりも大きく、前記光情報記録媒体に対する情報の記録および／または再生を行うために、前記回折構造で発生したn次回折光を光情報記録媒体の情報記録面に集光することができることを特徴とする請求項38乃至41のいずれか1項に記載の集光光学系。ここで、nは0、±1以外の整数である。

【請求項43】 前記球面収差補正手段は使用波長が500nm以下で、使用波長領域で厚さが3mmにおける内部透過率が85%以上である材料から形成されていることを特徴とする請求項34乃至42のいずれか1項に記載の集光光学系。

【請求項44】 前記球面収差補正手段は、1枚の正レンズと1枚の負レンズから構成され、少なくとも1つの非球面を有し、少なくとも一方のレンズが光軸方向に沿って変位可能な可動要素に構成されていることを特徴とする請求項34乃至43のいずれか1項に記載の集光光学系。

【請求項45】 前記可動要素は、前記集光光学系の球面収差がオーバー側に変動するときは前記正レンズと前記負レンズとの間隔を所定量減少させ、前記集光光学系の球面収差がアンダー側に変動するときは前記正レンズと前記負レンズとの間隔を所定量増加させるように光軸方向に沿って変位することを特徴とする請求項44に記載の集光光学系。

【請求項46】 次式を満たすことを特徴とする請求項27乃至45のいずれか1項に記載の集光光学系。

$$NA \geq 0.70$$

$$t \leq 0.6 \text{ mm}$$

$$\lambda \leq 500 \text{ nm}$$

但し、NA：光情報記録媒体に記録または再生を行うのに必要な所定の対物レンズの像側開口数

t：光情報記録媒体の透明基板の厚さ

λ：光源の波長

【請求項47】 前記球面収差補正手段と前記対物レンズの合成系の軸上色収差が次式を満たすことを特徴とする請求項27乃至46のいずれか1項に記載の集光光学系。

$$|\delta f_B \cdot NA^2| \leq 0.25 \mu\text{m}$$

10 但し、δf<sub>B</sub>：前記光源の波長が+1nm変化したときの、合成系の焦点位置の変化(μm)

【請求項48】 光情報記録媒体の記録および／または再生用の光源からの発散光束の発散角を変換し、対物レンズへ入射させるためのカップリングレンズであって、使用波長より10nm短い波長に対し焦点距離が長くなるように軸上色収差を過剰補正したことを特徴とするカップリングレンズ。

【請求項49】 少なくとも1つの面を光軸から離れるに従い曲率半径が大きくなる非球面とし、少なくとも1つの面を複数の同心状の輪帯段差からなる回折面とした単レンズよりなることを特徴とする請求項48に記載のカップリングレンズ。

【請求項50】 前記光源側の面が巨視的にみると球面状の回折面であり、前記光源から遠い方の面が光軸から離れるに従い曲率半径が大きくなる非球面であることを特徴とする請求項49に記載のカップリングレンズ。

【請求項51】 前記回折面の回折次数である、隣り合う輪帯間の光軸方向の段差の長さと同回折面前後の屈折率差との積が使用波長λ(mm)の約何倍であるかを示した整数をn、前記回折面の輪帯数をM、輪帯間隔の最小値をP(mm)、及び前記カップリングレンズ全系の焦点距離をf<sub>c</sub>(mm)として以下の条件式を満足することを特徴とする請求項49または50に記載のカップリングレンズ。

$$0.20 \leq n \cdot f_c \cdot \lambda / (M \cdot P^2) \leq 1.0$$

【請求項52】 前記回折構造で発生するn次回折光量が他のいずれの次数の回折光量よりも大きく、前記光情報記録媒体に対する情報の記録および／または再生を行うために、前記回折構造で発生したn次回折光を光情報記録媒体の情報記録面に集光することができることを特徴とする請求項49乃至51のいずれか1項に記載のカップリングレンズ。ここで、nは0、±1以外の整数である。

【請求項53】 相対的にアップベ数の大きい正レンズと、相対的にアップベ数の小さい負レンズとを接合した1群2枚構成を有する請求項48に記載のカップリングレンズ。

【請求項54】 次式を満たし、前記正レンズ及び前記負レンズの少なくとも1面に非球面を有することを特徴とする請求項53に記載のカップリングレンズ。

$v d P > 55.0$

$v d N < 35.0$

但し、 $v d P$ ：正レンズのd線のアッペ数

$v d N$ ：負レンズのd線のアッペ数

【請求項55】 比重が2.0以下の材料から形成されることを特徴とする請求項48乃至54のいずれか1項に記載のカップリングレンズ。

【請求項56】 プラスチック材料から形成されることを特徴とする請求項55に記載のカップリングレンズ。

【請求項57】 飽和吸水率が0.5%以下であるプラスチック材料から形成されていることを特徴とする請求項56に記載のカップリングレンズ。

【請求項58】 光源と、前記光源から射出された光束を光情報記録媒体の透明基板を介して情報記録面上に集光させる対物レンズと、を含む記録および／または再生用の集光光学系であって、前記光源と前記対物レンズとの間に請求項48乃至57のいずれか1項に記載のカップリングレンズを備え、前記集光光学系の各光学面で発生する球面収差の変動を前記カップリングレンズを光軸方向に変位させることによって補正することを特徴とする集光光学系。

【請求項59】 前記光源の発振波長の微小な差異によって生ずる前記球面収差の変動を補正することを特徴とする請求項58に記載の集光光学系。

【請求項60】 温度・湿度変化により前記集光光学系を構成するレンズの屈折率が変化することによって生ずる前記球面収差の変動を補正することを特徴とする請求項59に記載の集光光学系。

【請求項61】 前記光情報記録媒体の透明基板厚差の微小な変動によって生ずる前記球面収差の変動を補正することを特徴とする請求項58に記載の集光光学系。

【請求項62】 温度・湿度変化による屈折率変化、前記光源の発振波長の変動、及び前記光情報記録媒体の透明基板厚差の微小な変動の内の少なくとも2つの組み合わせによって生ずる前記球面収差の変動を補正することを特徴とする請求項58に記載の集光光学系。

【請求項63】 光源と、前記光源から射出された光束を光情報記録媒体の透明基板を介して情報記録面上に集光させる対物レンズと、を含む記録および／または再生用の集光光学系であって、前記光源と前記対物レンズの間に、請求項48乃至57のいずれか1項に記載のカップリングレンズを備え、前記光情報記録媒体が同一の光束入射面側に透明基板を挟んで複数の記録層を有し、異なる前記記録層に集光させる際に前記対物レンズを光軸方向に変位させ、前記光情報記録媒体の光束入射面からそれぞれの記録層までの透明基板厚さの差によって発生する球面収差の変動を前記カップリングレンズを光軸方向に変位させることによって補正することを特徴とする集光光学系。

【請求項64】 前記集光光学系の球面収差がオーバー側に変動するときは前記光源と前記カップリングレンズとの間隔を所定量減少させるようにカップリングレンズを変位させ、集光光学系の球面収差がアンダー側に変動するときは前記光源と前記カップリングレンズとの間隔を所定量増加させるようにカップリングレンズを光軸方向に沿って変位させることを特徴とする請求項58乃至63のいずれか1項に記載の集光光学系。

【請求項65】 前記対物レンズは請求項1乃至26のいずれか1項に記載の対物レンズであることを特徴とする請求項58乃至64のいずれか1項に記載の集光光学系。

【請求項66】 次式を満たすことを特徴とする請求項58乃至65のいずれか1項に記載の集光光学系。

$NA \geq 0.70$

$t \leq 0.6 \text{ mm}$

$\lambda \leq 500 \text{ nm}$

但し、 $NA$ ：光情報記録媒体に記録または再生を行うのに必要な所定の対物レンズの像側開口数

$t$ ：光情報記録媒体の透明基板の厚さ

$\lambda$ ：光源の波長

【請求項67】 前記球面収差補正手段と前記対物レンズの合成系の軸上色収差が次式を満たすことを特徴とする請求項58乃至66のいずれか1項に記載の集光光学系。

$|\delta f B \cdot NA^2| \leq 0.25 \mu \text{ m}$

但し、 $\delta f B$ ：前記光源の波長が+1 nm変化したときの、合成系の焦点位置の変化 ( $\mu \text{ m}$ )

【請求項68】 光源と該光源からの光束を光情報記録媒体の記録面に集光するための対物レンズと前記光源と前記対物レンズとの間に配置される球面収差補正手段とを含む集光光学系と、

前記記録面からの反射光を検出するための受光手段と、前記反射光を検出することで前記記録面に光束を集光させるために前記対物レンズを駆動する第1の駆動装置と、

前記反射光を検出することで前記記録面上に集光された光束の集光状態を検出し、前記球面収差補正手段を作動させる第2の駆動装置と、を備えた光ピックアップ装置であって、

前記集光光学系が請求項27乃至47および請求項58乃至67のいずれか1項に記載の集光光学系であることを特徴とする光ピックアップ装置。

【請求項69】 請求項68に記載の光ピックアップ装置を搭載したことを特徴とする音声および／または画像の記録装置、および／または、音声および／または画像の再生装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、光情報記録媒体の

記録及び再生の少なくとも一方のための対物レンズ、カップリングレンズ、集光光学系、光ピックアップ装置及び記録・再生装置に関する。

#### 【0002】

【従来の技術】近年、短波長赤色半導体レーザの実用化に伴い、従来の光ディスク（光情報記録媒体ともいう）である、CD（コンパクトディスク）と同程度の大きさで大容量化させた高密度の光ディスクであるDVD（デジタルバーサタイルディスク）が開発・製品化されているが、近い将来には、より高密度な次世代の光ディスクが登場することが予想される。このような次世代の光ディスクを媒体とした光情報記録再生装置の光学系では、記録信号の高密度化を図るため、或いは高密度記録信号を再生するため、対物レンズを介して情報記録面上に集光するスポットの径を小さくすることが要求される。そのためには、光源であるレーザの短波長化や対物レンズの高開口数（NA）化が必要となる。短波長レーザ光源としてその実用化が期待されているのは、発振波長400nm程度のGaN系青紫色半導体レーザや青紫色SHGレーザである。

【0003】このような次世代の高密度光ピックアップとして、青紫色半導体レーザ光源と、NAが0.85程度まで高められた2群構成のガラス製対物レンズを用いた光ピックアップの研究・開発が進んでいる。上述の対物レンズは、光線に対する屈折力を4つの面に分配し、各屈折面での収差発生量を小さく抑えることで、高NA化に対応したものであるが、レンズ体積の大きい2群構成の対物レンズを比重の大きいガラス材料から形成した場合、レンズ総重量が大きくなるので、フォーカシング／トラッキング用の2軸アクチュエータの高性能化や大型化が要求されて、その結果、コストの上昇や消費電力の増加等が招来される。

【0004】また、対物レンズの焦点深度d、すなわちフォーカシングの際にアクチュエータに許容される対物レンズのフォーカシング誤差は、kを比例定数、λを波長、NAを像側開口数としたとき、 $d = k \cdot \lambda / NA^2$ で表されるが、DVD用の対物レンズ（NA=0.60、λ=650nm）と次世代光ディスク用の対物レンズの一例としてのNA=0.85、λ=400nmとを比較してみると、後者の方が、3.26倍焦点深度が小さい。したがって、次世代光ディスク用の対物レンズのアクチュエータには従来のアクチュエータに比して、より高い精度が要求されるとともに、対物レンズには軽量化が要求される。この観点からも、高い精度で位置制御するのが困難である、慣性、重量の大きいガラス製の2群構成の対物レンズは次世代の光ピックアップ用の対物レンズとしては不向きである。

【0005】一般に、対物レンズのNAが大きくなるほど、また、使用波長が短波長になるほど、同量の製造誤差に対する収差の発生量は大きくなるので、製造誤差に

対する十分な公差を確保するためには、大きなワーキングディスタンスの確保が困難となる。焦点距離を大きくすれば、高NA対物レンズであっても、大きなワーキングディスタンスを確保することは可能であるが、この場合、光ピックアップが大型化してしまうので実用上好ましくない。このような理由から、従来の光ディスク用の対物レンズに比してワーキングディスタンスの小さくなりがちな高NAの対物レンズでは、より軽量であることが要求される。なぜなら、高NAの対物レンズをガラス材料から形成すると、重量が大きいので、光ディスクと接触した場合に情報記録面が破損する恐れがあるからである。

【0006】プラスチック材料を使用することで、レンズ重量を小さく抑えた高NAの2群構成対物レンズとして、特開平10-104507号公報に記載のPMMAより形成された対物レンズ（NA=0.75、λ=650nm）があるが、PMMAは飽和吸水率が2.0%と大きいので、光ディスク用の対物レンズの材料としては不向きである。特に、吸水による結像性能への影響が大きく現れる高NA対物レンズをPMMAから形成した場合、実用上使用不可能となる恐れがある。また、次世代の光ピックアップは、録再型での実用化が期待されており、その光学系には高い光利用効率が必要とされるが、上記のPMMAは400nmにおける透過率が低いので、次世代の光ピックアップ光学系用のレンズ材料としては不向きである。

【0007】ところで、光源の短波長化や対物レンズの高NA化が図られてくると、CDやDVDのごとき従来の光ディスクに対して情報の記録または再生を行うような、比較的長波長の光源と低開口数の対物レンズとの組み合わせからなる光ピックアップではほとんど無視できた問題でもより顕在化されることが予想される。

【0008】その1つが単色性が悪い光源、あるいは波長が急激に変動する光源の微少な発振波長の変動により対物レンズで生じる軸上色収差の問題である。一般の光学レンズ材料の微少な波長変動による屈折率変化は、短波長を取り扱うほど大きくなる。そのため、微少な波長変動により生じる焦点のデフォーカス量は大きくなるが、対物レンズの焦点深度は $k \cdot \lambda / NA^2$ で表されることからわかるように、使用波長が短いほど焦点深度が小さくなり僅かなデフォーカス量も許されない。従って、単色性が悪い光源あるいは波長が急激に変動する光源であって短波長の光源、及び高開口数の対物レンズを用いた光ピックアップ光学系では、対物レンズの軸上色収差の補正が重要となる。光源の単色性が悪い例として、半導体レーザへの戻り光によるノイズを低減するために、高周波重量をかけることで発振波長に微少な波長幅を持たせる場合が挙げられる。また、上述の軸上色収差は、光源の波長変動が、対物レンズのフォーカシングが追従できないほど瞬時的に起こる場合にも問題となる

10

20

30

40

50

が、このような瞬時的な波長変動の例として、半導体レーザの発振モードが瞬時的に変化することで発振波長が変動するモードホッピング現象がある。

【0009】また、光源側のレンズをプラスチック製の回折レンズとすることで軸上色収差を補正したNAが0.85である2群構成の対物レンズが特開平11-174318号公報に記載されており、同公報には好ましいプラスチック材料として、PMMA、SAN、PC、PS等を挙げているが、これらのプラスチック材料は、最も飽和吸水率の小さいPSであっても0.2%であるので、高NA対物レンズの材料としては不向きである。また、SAN、PC、PSは、アッベ数が30前後と分散が大きいのので、屈折作用により発生する軸上色収差を補正するためにより大きな回折パワーが必要となり、例えば回折面を輪帯構造としたときの輪帯間隔の最小値が小さくなるので、輪帯の形状誤差による回折効率低下が招来される。さらに、SAN、PC、PSは、複屈折が大きいのので、射出成形法により作製するレンズの材料としては好ましくない。

【0010】更に、光源の短波長化と対物レンズの高NA化において顕在化する別の問題は、温度・湿度変化による光ピックアップ光学系の球面収差の変動である。すなわち、光ピックアップ光学系において一般的に使用されているプラスチックレンズは、温度や湿度変化をうけて変形しやすく、また、屈折率が大きく変化する。従来の光ピックアップ光学系ではそれほど問題にならなかった、屈折率変化による球面収差の変動も、光源の短波長化と対物レンズの高NA化においては無視できない量となる。

【0011】更に、光源の短波長化と対物レンズの高NA化において顕在化する別の問題は、光ディスクの保護層（透明基板ともいう）の厚み誤差に起因する光ピックアップ光学系の球面収差の変動である。保護層の厚み誤差により生じる球面収差は、対物レンズのNAの4乗に比例して発生することが知られている。従って、NAが0.85程度の対物レンズを用いた場合には、数 $\mu$ mの保護層の厚さ誤差に対しても、許容できない程の球面収差が発生する。現在の光ディスクの製造技術では、数 $\mu$ mの厚さ誤差で保護層を形成するのは困難であるので、光ピックアップ光学系において保護層の厚み誤差により生じる球面収差を補正する手段を設ける必要がある。

【0012】更に、光源の短波長化と対物レンズの高NA化において顕在化する別の問題は、光源の微少な波長の変化によって対物レンズで発生する球面収差の変動である。短波長領域では、設計波長からの微少なずれであっても、レンズ材料の屈折率が大きく変化するために対物レンズで球面収差が発生する。このとき発生する球面収差の大きさは、波長が短くなるほど、また対物レンズのNAが大きくなるほど大きくなる傾向がある。すなわち、短波長光源と高NAの対物レンズを使用する次世代

の光ピックアップでは、製造誤差によって設計波長からずれた光源が使用できず、光源の選別による工数の増大やコストの上昇が招来される。

【0013】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、上述のような従来技術の問題に鑑み、対物レンズの高開口数（NA）化に対応し、高性能な対物レンズでありながら従来のプラスチックの単レンズと同様に安価で軽量の対物レンズを提供することを目的とする。

【0014】また、プラスチック材料から形成された2枚の正レンズからなる高NAの対物レンズであっても、利用可能な温度範囲が大きい光情報記録媒体の記録および／または再生用の対物レンズを提供することを目的とする。

【0015】また、2枚の正レンズからなる高NAの対物レンズであっても、小径でかつワーキングディスタンスが大きい光情報記録媒体の記録および／または再生用の対物レンズを提供することを目的とする。

【0016】また、500nm以下の短波長領域における内部透過率が高く、かつ飽和吸水率が小さいプラスチック材料から形成された、2枚の正レンズからなる高NAの対物レンズを提供することを目的とする。

【0017】また、レーザ光源のモードホップ現象や高周波重畳による対物レンズで発生する軸上色収差を補正可能な簡易で安価な構成のカップリングレンズを提供することを目的とする。

【0018】また、レーザ光源の発振波長変化、温度・湿度変化、光情報記録媒体の透明基板の厚みの誤差等に起因して光ピックアップ装置の各光学面で発生する球面収差の変動を簡易な構成で効果的に補正できる集光光学系及び光ピックアップ装置を提供することを目的とする。

【0019】また、レーザ光源のモードホップ現象や高周波重畳に起因して対物レンズで発生する軸上色収差を効果的に補正できる集光光学系及び光ピックアップ装置を提供することを目的とする。

【0020】更に、短波長レーザ光源と高開口数の対物レンズとを備え、透明基板を挟んで複数の記録層を有する光情報記録媒体に対して情報の記録または再生を行うことができる集光光学系、光ピックアップ装置及び記録・再生装置を提供することを目的とする。

【0021】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、請求項1に記載の対物レンズは、光情報記録媒体の記録および／または再生用の対物レンズであって、光源側から順に配置された正屈折力の第1レンズと正屈折力の第2レンズとからなり、前記第1レンズおよび前記第2レンズはそれぞれ比重が2.0以下の材料から形成され、次式（1）を満たすことを特徴とする。

【0022】 $NA \geq 0.70$  (1)

但し、NA：光情報記録媒体の記録または再生を行うのに必要な所定の像側開口数

【0023】また、請求項2に記載の対物レンズは、光情報記録媒体の記録および／または再生用の対物レンズであって、光源側から順に配置された正屈折力の第1レンズと正屈折力の第2レンズとからなり、前記第1レンズおよび前記第2レンズはそれぞれプラスチック材料から形成され、次式(2)を満たすことを特徴とする。

$$\text{【0024】 } NA \geq 0.70 \quad (2)$$

但し、NA：光情報記録媒体の記録または再生を行うのに必要な所定の像側開口数

【0025】また、請求項3に記載の対物レンズは、光情報記録媒体の記録および／または再生用の対物レンズであって、光源側から順に配置された正屈折力の第1レンズと正屈折力の第2レンズとからなり、前記第1レンズおよび前記第2レンズはそれぞれ比重が2.0以下の材料から形成され、少なくとも1つの光学面上に輪帯状の回折構造を有し、次式(3)、(4)を満たすことを特徴とする。

$$\text{【0026】 } vdi \leq 65.0 \quad (3)$$

$$NA \geq 0.70 \quad (4)$$

但し、vdi：第iレンズのd線のアップベ数(i=1および2) NA：光情報記録媒体に記録または再生を行うのに必要な所定の像側開口数

【0027】また、請求項4に記載の対物レンズは、光情報記録媒体の記録および／または再生用の対物レンズ\*

$$0.04 \leq \lambda \cdot f \cdot \sum_{i=1}^N (ni / (Mi \cdot Pi^2)) \leq 0.3 \quad (7)$$

【0031】また、請求項6に記載の対物レンズは、請求項3乃至5のいずれか1項において、前記回折構造で発生するn次回折光量が他のいずれの次数の回折光量よりも大きく、前記光情報記録媒体に対する情報の記録および／または再生するために、前記回折構造で発生したn次回折光を光情報記録媒体の情報記録面に集光することができることを特徴とする。ここで、nは0、±1以外の整数である。

【0032】また、請求項7に記載の対物レンズは、請求項3乃至6のいずれか1項において、前記回折面のう※40

$$NA \geq 0.80$$

【0035】また、請求項9に記載の対物レンズは、請求項1乃至8のいずれか1項において、前記第1レンズの最も光源側の面を第1面、前記第1レンズの最も光情報記録媒体側の面を第2面、前記第2レンズの最も光源側の面を第3面と呼ぶとき、前記第1面から前記第3面のうち、少なくとも2つの面が非球面であることを特徴★

$$1.2 \leq f1 / f2 \leq 3.3$$

但し、fi：第iレンズの焦点距離(i=1および2)

【0038】また、請求項11に記載の対物レンズは、

\*であって、光源側から順に配置された正屈折力の第1レンズと正屈折力の第2レンズとからなり、前記第1レンズおよび前記第2レンズはそれぞれプラスチック材料から形成され、少なくとも1つの光学面上に輪帯状の回折構造を有し、次式(5)、(6)を満たすことを特徴とする。

$$\text{【0028】 } vdi \leq 65.0 \quad (5)$$

$$NA \geq 0.70 \quad (6)$$

但し、vdi：第iレンズのd線のアップベ数(i=1および2)

NA：光情報記録媒体に記録または再生を行うのに必要な所定の像側開口数

【0029】また、請求項5に記載の対物レンズは、請求項3または4において、前記回折構造が形成された光学面を光源側から順に、第1回折面、第2回折面、・・・、第N回折面と呼ぶとき、前記第i回折面に形成された回折構造で発生する回折光のうち最大の回折光量をもつ回折光の次数をni、前記第i回折面の有効径内における輪帯数をMi、前記第i回折面の有効径内における輪帯間隔の最小値をPi(mm)、対物レンズ全系の焦点距離をf(mm)、及び使用波長をλ(mm)としたとき、次の数2に示す式(7)を満たすことを特徴とする。

$$\text{【0030】}$$

$$\text{【数2】}$$

※ち少なくとも1つの回折面は、nを0、±1以外の整数としたとき、該回折面で発生する回折光のうち、n次回折光の回折光量が他のいずれの次数の回折光の回折光量よりも大きくなるように各回折輪帯の光軸方向の段差量が決定されていることを特徴とする。

【0033】また、請求項8に記載の対物レンズは、請求項1乃至7のいずれか1項において、次式(8)を満たすことを特徴とする。

$$\text{【0034】} \quad (8)$$

★とする。

【0036】また、請求項10に記載の対物レンズは、請求項1乃至9のいずれか1項において、次式(9)を満たすことを特徴とする。

$$\text{【0037】} \quad (9)$$

請求項1乃至10のいずれか1項において、次式(10)を満たすことを特徴とする。

【0039】

$$0.3 \leq (r_2 + r_1) / (r_2 - r_1) \leq 3.2 \quad (10)$$

但し、 $r_i$ ：第*i*面の近軸曲率半径（ $i=1$ および2）

【0040】また、請求項12に記載の対物レンズは、光情報記録媒体の記録および／または再生用の対物レンズであって、光源側から順に配置された正屈折力の第1レンズと正屈折力の第2レンズとからなり、前記第1レ\*

$$0.09 \leq WD / f \leq 0.24$$

但し、WD：前記対物レンズのワーキングディスタンス（mm）

f：前記対物レンズの全系の焦点距離（mm）

【0042】また、請求項13に記載の対物レンズは、請求項12において、次式（12）を満たすことを特徴とする。

【0043】

$$NA \geq 0.70 \quad (12)$$

但し、NA：光情報記録媒体に記録または再生を行うのに必要な所定の像側開口数

【0044】また、請求項14に記載の対物レンズは、光情報記録媒体の記録および／または再生用の対物レンズであって、光源側から順に配置された正屈折力の第1レンズと正屈折力の第2レンズとからなり、次式（13）、（14）を満たすことを特徴とする。

【0045】

$$NA \geq 0.70 \quad (13)$$

【0046】

$$0.07 \leq WD / ENP \leq 0.20 \quad (14)$$

但し、NA：光情報記録媒体に記録または再生を行うのに必要な所定の像側開口数

WD：前記対物レンズのワーキングディスタンス（m）

ENP：前記対物レンズの入射瞳径（mm）

【0047】また、請求項15に記載の対物レンズは、光情報記録媒体の記録および／または再生用でありかつ500nm以下の波長の光を発生する光源を有する光ピックアップ装置用の対物レンズであって、光源側から順※

$$1.2 \leq f_1 / f_2 \leq 5.0 \quad (17)$$

但し、 $f_i$ ：第*i*レンズの焦点距離（ $i=1$ および2）

【0054】また、請求項19に記載の対物レンズは、請求項12乃至18のいずれか1項において、次式（1★40

$$0.3 \leq (r_2 + r_1) / (r_2 - r_1) \leq 4.8 \quad (18)$$

但し、 $r_i$ ：第*i*面の近軸曲率半径（ $i=1$ および2）

【0056】また、請求項20に記載の対物レンズは、請求項1乃至19のいずれか1項において、次式（1 ☆

$$-0.15 < (X1' - X3') / ((NA)^4 \cdot f) < 0.10 \quad (19)$$

)

ここで、 $X1'$  および  $X2'$  は以下の式（20）、（21）で与えられる。

$$X1' = X1 \cdot (N1 - 1)^3 / f1 \quad (20)$$

$$X3' = X3 \cdot (N2 - 1)^3 / f2 \quad (21)$$

但し、 $X1$ ：光軸に垂直で第1レンズの最も光源側の面 50 の頂点に接する平面と、有効径最周辺（上記NAのマー

\*ンズおよび前記第2レンズはそれぞれプラスチック材料から形成され、次式（11）を満たすことを特徴とする。

【0041】

$$(11)$$

※に配置された正屈折力の第1レンズと正屈折力の第2レンズとからなり、前記第1レンズおよび前記第2レンズはそれぞれプラスチックの材料から形成され、前記プラスチック材料は、厚さが3mmにおける、光源が発生する光の波長での内部透過率が90%以上であって、前記プラスチック材料は、飽和吸水率が0.1%以下であって、次式（15）を満たすことを特徴とする。

【0048】

$$NA \geq 0.70 \quad (15)$$

但し、NA：光情報記録媒体に記録または再生を行うのに必要な所定の像側開口数

20 【0049】また、請求項16に記載の対物レンズは、請求項12乃至15のいずれか1項において、次式（16）を満たすことを特徴とする。

【0050】

$$NA \geq 0.80 \quad (16)$$

【0051】また、請求項17に記載の対物レンズは、請求項12乃至16のいずれか1項において、前記第1レンズの最も光源側の面を第1面、前記第1レンズの最も光情報記録媒体側の面を第2面、前記第2レンズの最も光源側の面を第3面と呼ぶとき、前記第1面から前記第3面のうち、少なくとも2つの面が非球面であることを特徴とする。

【0052】また、請求項18に記載の対物レンズは、請求項12乃至17のいずれか1項において次式（17）を満たすことを特徴とする。

【0053】

★8）を満たすことを特徴とする。

【0055】

☆9）を満たすことを特徴とする。

【0057】

ジナル光線が入射する第1レンズの最も光源側の面上の位置)における第1レンズの最も光源側の面との光軸方向の差(mm)で、上記接平面を基準として光情報記録媒体の方向に測る場合を正、光源の方向に測る場合を負とする。

X3: 光軸に垂直で第2レンズの最も光源側の面の頂点に接する平面と、有効径最周辺(上記NAのマージナル光線が入射する第2レンズの最も光源側の面上の位置)における第2レンズの最も光源側の面との光軸方向の差(mm)で、上記接平面を基準として光情報記録媒体の\*10

$$-0.08 < (X1' - X3') / ((NA)^4 \cdot f) < 0.05 \quad (22)$$

【0060】また、請求項22に記載の対物レンズは、請求項1乃至14及び16乃至21のいずれか1項において、500nm以下の波長の光を発生する光源を有する光ピックアップ装置用の対物レンズであって、厚さが3mmにおける、光源が発生する光の波長での内部透過率が85%以上である材料から形成されていることを特徴とする。

【0061】また、請求項23に記載の対物レンズは、請求項22において厚さが3mmにおける、光源が発生する光の波長での内部透過率が90%以上である材料から形成されていることを特徴とする。

【0062】また、請求項24に記載の対物レンズは、請求項1乃至14及び16乃至23のいずれか1項において、飽和吸水率が0.5%以下である材料から形成されていることを特徴とする。

【0063】また、請求項25に記載の対物レンズは、請求項24において、飽和吸水率が0.1%以下である材料から形成されていることを特徴とする。

【0064】また、請求項26に記載の対物レンズは、請求項1乃至25のいずれか1項において、情報の記録および/または再生を行う光情報記録媒体の透明基板の厚さが0.6mm以下であることを特徴とする。

【0065】また、請求項27に記載の集光光学系は、光源と、前記光源から射出された光束を光情報記録媒体の透明基板を介して情報記録面上に集光させる対物レンズと、を含む記録および/または再生用の集光光学系であって、前記対物レンズは請求項1乃至26のいずれかに記載の対物レンズであり、前記光源と前記対物レンズとの間に、前記集光光学系の各光学面で発生する球面収差の変動を補正する球面収差補正手段を設けたことを特徴とする。

【0066】また、請求項28に記載の集光光学系は、光源と、前記光源から射出された光束を光情報記録媒体の透明基板を介して情報記録面上に集光させる対物レンズと、を含む記録および/または再生用の集光光学系であって、前記対物レンズは請求項1乃至26のいずれかに記載の対物レンズであり、前記光源と前記対物レンズとの間に、温度・湿度変化に起因して前記集光光学系の

\* 方向に測る場合を正、光源の方向に測る場合を負とする。

f: 前記対物レンズの全系の焦点距離(mm)

N1: 第1レンズ群の使用波長における屈折率

N2: 第2レンズ群の使用波長における屈折率

【0058】また、請求項21に記載の対物レンズは、請求項20において次式(22)を満たすことを特徴とする。

【0059】

各光学面で発生する球面収差の変動を補正する球面収差補正手段を設けたことを特徴とする。

【0067】また、請求項29に記載の集光光学系は、光源と、前記光源から射出された光束を光情報記録媒体の透明基板を介して情報記録面上に集光させる対物レンズと、を含む記録および/または再生用の集光光学系であって、前記対物レンズは請求項1乃至26のいずれかに記載の対物レンズであり、前記光源と前記対物レンズとの間に、前記情報記録媒体の透明基板厚さの微小な変動に起因して前記集光光学系の各光学面で発生する球面収差の変動を補正する球面収差補正手段を設けたことを特徴とする。

【0068】また、請求項30に記載の集光光学系は、光源と、前記光源から射出された光束を光情報記録媒体の透明基板を介して情報記録面上に集光させる対物レンズと、を含む記録および/または再生用の集光光学系であって、前記光情報記録媒体が同一の光束入射面側に透明基板を挟んで複数の記録層を有し、前記対物レンズは請求項1乃至26のいずれかに記載の対物レンズであり、前記異なる記録層に集光させる際に前記対物レンズを光軸方向に変位させ、前記光源と前記対物レンズとの間に、前記光情報記録媒体の光束入射面からそれぞれの記録層までの透明基板厚さの差異に起因して発生する球面収差の変動を補正する球面収差補正手段を設けたことを特徴とする。

【0069】また、請求項31に記載の集光光学系は、光源と、前記光源から射出された光束を光情報記録媒体の透明基板を介して情報記録面上に集光させる対物レンズと、を含む記録および/または再生用の集光光学系であって、前記対物レンズは請求項1乃至26のいずれかに記載の対物レンズであり、前記光源と前記対物レンズとの間に、前記光源の発振波長の微小な変動に起因して前記集光光学系の各光学面で発生する球面収差の変動を補正する球面収差補正手段を設けたことを特徴とする。

【0070】また、請求項32に記載の集光光学系は、光源と、前記光源から射出された光束を光情報記録媒体の透明基板を介して情報記録面上に集光させる対物レンズと、を含む記録および/または再生用の集光光学系で



あって、前記対物レンズは請求項 1 乃至 26 のいずれかに記載の対物レンズであり、前記光源と前記対物レンズとの間に、温度・湿度変化、前記情報記録媒体の透明基板厚さの変動及び前記光源の発振波長の変動のうちの少なくとも 2 つの組み合わせに起因して前記集光光学系の各光学面で発生する球面収差の変動を補正する球面収差補正手段を設けたことを特徴とする。

【0071】また、請求項 33 に記載の集光光学系は、請求項 33 乃至 38 のいずれかにおいて前記球面収差補正手段は屈折率分布が可変であることを特徴とする。

【0072】また、請求項 34 に記載の集光光学系は、請求項 27 乃至 32 のいずれかにおいて前記球面収差補正手段は、少なくとも 1 枚の正レンズと少なくとも 1 枚の負レンズを含み、略平行に入射する光束を入射を略平行に出射するビームエキスパンダの構成を有し、前記球面収差補正手段に含まれる少なくとも 1 つのレンズが光軸方向に沿って変位可能な可動要素に構成されていることを特徴とする。

【0073】また、請求項 35 に記載の集光光学系は、請求項 34 において前記正レンズ及び前記負レンズが次式 (23) を満たすことを特徴とする。

$$\nu d P > \nu d N \quad (23)$$

但し、 $\nu d P$ ：前記球面収差補正手段に含まれる正レンズの  $d$  線のアッペ数の平均値

$\nu d N$ ：前記球面収差補正手段に含まれる負レンズの  $d$  線のアッペ数の平均値

【0075】また、請求項 36 に記載の集光光学系は、請求項 35 において前記正レンズ及び前記負レンズが次式 (24)、(25) を満たすことを特徴とする。

$$\nu d P > 55.0 \quad (24)$$

$$\nu d N < 35.0 \quad (25)$$

【0078】また、請求項 37 に記載の集光光学系は、請求項 36 において前記球面収差補正手段に含まれる正レンズの  $d$  線のアッペ数の平均値と、前記球面収差補正手段に含まれる負レンズの  $d$  線のアッペ数の平均値との差を  $\Delta \nu$  として以下の条件式 (26) を満足し、前記可動要素は比重が 2.0 以下の材料から形成されることを特徴とする。

$$30 \leq \Delta \nu \leq 50 \quad (26)$$

【0080】また、請求項 38 に記載の集光光学系は、請求項 34 において前記球面収差補正手段に含まれる全ての正レンズのアッペ数が 70.0 以下または前記球面収差補正手段に含まれる全ての負レンズのアッペ数が 40.0 以上であって、前記正レンズおよび前記負レンズの少なくとも一方が、少なくとも 1 つの輪帯状の回折構造を有する回折面を備えることを特徴とする。

【0081】また、請求項 39 に記載の集光光学系は、請求項 38 において前記可動要素は比重が 2.0 以下の材料から形成されることを特徴とする。

【0082】また、請求項 40 に記載の集光光学系は、請求項 38 または 39 において前記球面収差補正手段はプラスチック材料から形成されることを特徴とする。

【0083】また、請求項 41 に記載の集光光学系は、請求項 40 において前記球面収差補正手段は飽和吸水率が 0.5% 以下である材料から形成されていることを特徴とする。

【0084】また、請求項 42 に記載の集光光学系は、請求項 38 乃至 41 のいずれかにおいて前記回折構造で発生する  $n$  次回折光量が他のいずれの次数の回折光量よりも大きく、前記情報記録媒体に対する情報の記録および／または再生を行うために、前記回折構造で発生した  $n$  次回折光を光情報記録媒体の情報記録面に集光することができることを特徴とする。ここで、 $n$  は 0、 $\pm 1$  以外の整数である。

【0085】また、請求項 43 に記載の集光光学系は、請求項 34 乃至 42 のいずれかにおいて前記球面収差補正手段は使用波長が 500 nm 以下で、使用波長領域で厚さが 3 mm における内部透過率が 85% 以上である材料から形成されていることを特徴とする。

【0086】また、請求項 44 に記載の集光光学系は、請求項 34 乃至 43 のいずれかにおいて前記球面収差補正手段は、1 枚の正レンズと 1 枚の負レンズから構成され、少なくとも 1 つの非球面を有し、少なくとも一方のレンズが光軸方向に沿って変位可能な可動要素に構成されていることを特徴とする。

【0087】また、請求項 45 に記載の集光光学系は、請求項 44 において前記可動要素は、前記集光光学系の球面収差がオーバー側に変動するときは前記正レンズと前記負レンズとの間隔を所定量減少させ、前記集光光学系の球面収差がアンダー側に変動するときは前記正レンズと前記負レンズとの間隔を所定量増加させるように光軸方向に沿って変位することを特徴とする。

【0088】また、請求項 46 に記載の集光光学系は、請求項 27 乃至 45 のいずれかにおいて次式 (27)、(28)、(29) を満たすことを特徴とする。

$$NA \geq 0.70 \quad (27)$$

$$t \leq 0.6 \text{ mm} \quad (28)$$

$$\lambda \leq 500 \text{ nm} \quad (29)$$

但し、 $NA$ ：光情報記録媒体に記録または再生を行うのに必要な所定の対物レンズの像側開口数

$t$ ：光情報記録媒体の透明基板の厚さ

$\lambda$ ：光源の波長

【0092】また、請求項 47 に記載の集光光学系は、



請求項27乃至46のいずれかにおいて前記球面収差補正手段と前記対物レンズの合成系の軸上色収差が次式(30)を満たすことを特徴とする。

【0093】

$$|\delta f B \cdot NA^2| \leq 0.25 \mu m \quad (30)$$

但し、 $\delta f B$ ：前記光源の波長が+1nm変化したときの、合成系の焦点位置の変化(μm)

【0094】また、請求項48に記載のカップリングレンズは、光情報記録媒体の記録および/または再生用の光源からの発散光束の発散角を変換し、対物レンズへ入射させるためのカップリングレンズであって、使用波長より10nm短い波長に対し焦点距離が長くなるように軸上色収差を過剰補正したことを特徴とする。

【0095】また、請求項49に記載のカップリングレンズは、請求項48において少なくとも1つの面を光軸から離れるに従い曲率半径が大きくなる非球面とし、少\*

$$0.20 \leq n \cdot f c \cdot \lambda / (M \cdot P^2) \leq 1.0 \quad (31)$$

【0099】また、請求項52に記載のカップリングレンズは、請求項49乃至51のいずれか1項において前記回折構造で発生するn次回折光量が他のいずれの次数の回折光量よりも大きく、前記光情報記録媒体に対する情報の記録および/または再生を行うために、前記回折構造で発生したn次回折光を光情報記録媒体の情報記録面に集光することができることを特徴とする。ここで、nは0、±1以外の整数である。

【0100】また、請求項53に記載のカップリングレンズは、請求項48において相対的にアッペ数の大きい正レンズと、相対的にアッペ数の小さい負レンズとを接合した1群2枚構成を有する。

【0101】また、請求項54に記載のカップリングレンズは、請求項53において次式(32)、(33)を満たし、前記正レンズ及び前記負レンズの少なくとも1面に非球面を有することを特徴とする。

【0102】

$$v d P > 55.0 \quad (32)$$

【0103】

$$v d N < 35.0 \quad (33)$$

但し、 $v d P$ ：正レンズのd線のアッペ数

【0104】 $v d N$ ：負レンズのd線のアッペ数

【0105】また、請求項55に記載のカップリングレンズは、請求項48乃至54のいずれかにおいて比重が2.0以下の材料から形成されることを特徴とする。

【0106】また、請求項56に記載のカップリングレンズは、請求項55においてプラスチック材料から形成されることを特徴とする。

【0107】また、請求項57に記載のカップリングレンズは、請求項56において飽和吸水率が0.5%以下であるプラスチック材料から形成されていることを特徴とする。

【0108】また、請求項58に記載の集光光学系は、50

\* なくとも1つの面を複数の同心状の輪帯段差からなる回折面とした単レンズよりなることを特徴とする。

【0096】また、請求項50に記載のカップリングレンズは、請求項49において前記光源側の面が巨視的にみると球面状の回折面であり、前記光源から遠い方の面が光軸から離れるに従い曲率半径が大きくなる非球面であることを特徴とする。

【0097】また、請求項51に記載のカップリングレンズは、請求項49または50において前記回折面の回折次数である、隣り合う輪帯間の光軸方向の段差の長さとして回折面前後の屈折率差との積が使用波長λ(mm)の約何倍であるかを示した整数をn、前記回折面の輪帯数をM、輪帯間隔の最小値をP(mm)、及び前記カップリングレンズ全系の焦点距離をf c(mm)として以下の条件式(31)を満足することを特徴とする。

【0098】

光源と、前記光源から射出された光束を光情報記録媒体の透明基板を介して情報記録面上に集光させる対物レンズと、を含む記録および/または再生用の集光光学系であって、前記光源と前記対物レンズとの間に請求項48乃至57のいずれかに記載のカップリングレンズを備え、前記集光光学系の各光学面で発生する球面収差の変動を前記カップリングレンズを光軸方向に変位させることによって補正することを特徴とする。

【0109】また、請求項59に記載の集光光学系は、請求項58において前記光源の発振波長の微小な差異によって生ずる前記球面収差の変動を補正することを特徴とする。

【0110】また、請求項60に記載の集光光学系は、請求項59において温度・湿度変化により前記集光光学系を構成するレンズの屈折率が変化することによって生ずる前記球面収差の変動を補正することを特徴とする。

【0111】また、請求項61に記載の集光光学系は、請求項58において記載の前記光情報記録媒体の透明基板厚差の微小な変動によって生ずる前記球面収差の変動を補正することを特徴とする。

【0112】また、請求項62に記載の集光光学系は、請求項58において温度・湿度変化による屈折率変化、前記光源の発振波長の変動、及び前記光情報記録媒体の透明基板厚差の微小な変動の内の少なくとも2つの組み合わせによって生ずる前記球面収差の変動を補正することを特徴とする。

【0113】また、請求項63に記載の集光光学系は、光源と、前記光源から射出された光束を光情報記録媒体の透明基板を介して情報記録面上に集光させる対物レンズと、を含む記録および/または再生用の集光光学系であって、前記光源と前記対物レンズの間に、請求項48乃至57のいずれかに記載のカップリングレンズを備え、前記光情報記録媒体が同一の光束入射面側に透明基

板を挟んで複数の記録層を有し、異なる前記記録層に集光させる際に前記対物レンズを光軸方向に変位させ、前記光情報記録媒体の光束入射面からそれぞれの記録層までの透明基板厚さの差によって発生する球面収差の変動を前記カップリングレンズを光軸方向に変位させることによって補正することを特徴とする。

【0114】また、請求項64に記載の集光光学系は、請求項58乃至63のいずれかにおいて前記集光光学系の球面収差がオーバー側に変動するときは前記光源と前記カップリングレンズとの間隔を所定量減少させるようにカップリングレンズを変位させ、集光光学系の球面収差がアンダー側に変動するときは前記光源と前記カップリングレンズとの間隔を所定量増加させるようにカップリングレンズを光軸方向に沿って変位させることを特徴とする。

【0115】また、請求項65に記載の集光光学系は、請求項58乃至64のいずれかにおいて前記対物レンズは請求項1乃至32のいずれかに記載の対物レンズであることを特徴とする。

【0116】また、請求項66に記載の集光光学系は、請求項58乃至65のいずれかにおいて次式(34)、(35)、(36)を満たすことを特徴とする。

【0117】

$$NA \geq 0.70 \quad (34)$$

【0118】

$$t \leq 0.6 \text{ mm} \quad (35)$$

【0119】

$$\lambda \leq 500 \text{ nm} \quad (36)$$

但し、NA：光情報記録媒体に記録または再生を行うのに必要な所定の対物レンズの像側開口数

t：光情報記録媒体の透明基板の厚さ

$\lambda$ ：光源の波長

【0120】また、請求項67に記載の集光光学系は、請求項58乃至66のいずれかにおいて前記球面収差補正手段と前記対物レンズの合成系の軸上色収差が次式(37)を満たすことを特徴とする。

【0121】

$$|\delta f_B \cdot NA^2| \leq 0.25 \mu\text{m} \quad (37)$$

但し、 $\delta f_B$ ：前記光源の波長が+1nm変化したときの、合成系の焦点位置の変化( $\mu\text{m}$ )

【0122】また、請求項68に記載の光ピックアップ装置は、光源と該光源からの光束を光情報記録媒体の記録面に集光するための対物レンズと前記光源と前記対物レンズとの間に配置される球面収差補正手段とを含む集光光学系と、前記記録面からの反射光を検出するための受光手段と、前記反射光を検出することで前記記録面に光束を集光させるために前記対物レンズを駆動する第1の駆動装置と、前記反射光を検出することで前記記録面上に集光された光束の集光状態を検出し、前記球面収差補正手段を作動させる第2の駆動装置と、を備えた光ピ

ックアップ装置であって、前記集光光学系が請求項27乃至47および請求項58乃至67のいずれかに記載の集光光学系であることを特徴とする。

【0123】また、請求項69の記録装置・再生装置は、請求項68に記載の光ピックアップ装置を搭載し、音声および／または画像の記録が可能であり、および／または、音声および／または画像の再生が可能である。

【0124】なお、本発明において、回折面とは、光学素子の表面、例えばレンズの表面に、レリーフを設けて、入射光束を回折させる作用を持たせる面のことをいい、同一光学面に回折を生じる領域と生じない領域がある場合は、回折を生じる領域をいう。レリーフの形状としては、例えば、光学素子の表面に、光軸を中心として略同心円状の輪帯として形成され、光軸を含む平面でその断面をみれば、各輪帯は鋸歯状、あるいは階段状のような形状が知られているが、そのような形状を含むものである。

【0125】また、本発明において、光情報記録媒体としては、例えば、CD、CD-R、CD-RW、CD-Video、CD-ROM等の各種CD、DVD、DVD-ROM、DVD-RAM、DVD-R、DVD-RW、DVD+RW等の各種DVD、あるいはMD等のディスク状の現在の光情報記録媒体のみならず、次世代の高密度記録媒体なども含まれる。

【0126】また、本発明において、情報の記録および再生とは、上記のような光情報記録媒体の情報記録面上に情報を記録すること、情報記録面上に記録された情報を再生することをいう。本発明の集光光学系は、記録だけあるいは再生だけを行うために用いられるものであってもよいし、記録および再生の両方を行うために用いられるものであってもよい。また、ある光情報記録媒体に対しては記録を行い、別の光情報記録媒体に対しては再生を行うために用いられるものであってもよいし、ある光情報記録媒体に対しては記録または再生を行い、別の光情報記録媒体に対しては記録および再生を行うために用いられるものであってもよい。なお、ここでいう再生とは、単に情報を読み取ることを含むものである。

【0127】また、本発明の光ピックアップ装置は、例えば、CD、CD-R、CD-RW、CD-Video、CD-ROM、DVD、DVD-ROM、DVD-RAM、DVD-R、DVD-RW、DVD+RW、MD等の光情報記録媒体に対してコンパクトなプレーヤーまたはドライブ等、あるいはそれらを組み込んだAV機器、パソコン、その他の情報端末等の音声および／または画像の記録装置および／または再生装置に搭載することができる。

【0128】

【作用】請求項1のように、対物レンズを2枚の正レンズで構成すると各屈折面での収差の発生量が小さく、NAが0.7以上の光束においても球面収差をはじめとす

る諸収差を良好に補正することができ、更に各レンズを比重が2.0以下の材料から形成すると、NAが大きく、レンズの体積が大きい2枚のレンズで構成された対物レンズであっても軽量となり、対物レンズのフォーカシング用のアクチュエータに負担をかけることがなく、高速な追従が可能となり、または、より小型のアクチュエータで駆動できるようになり、光ピックアップ装置を小型化できる。また、レンズを2枚構成としたことによりNAが0.7以上と大きいにもかかわらず各屈折面の偏心などの誤差による諸収差の劣化が少なく製造しやすい対物レンズを得ることができる。

【0129】本発明による対物レンズの第1レンズは、相対的にアッペ数の大きい正レンズと相対的にアッペ数の小さい負レンズとを接合した1群2枚構成のレンズであってもよい。第1レンズを上記の構成とすることで対物レンズ全系で発生する色収差を効果的に補正することができ、更に正レンズと負レンズの両方を比重2.0以下の材料から形成することで、1群2枚構成であっても軽量なレンズとすることができる。また、第2レンズについても同様に、相対的にアッペ数の大きい正レンズと相対的にアッペ数の小さい負レンズとを接合した1群2枚構成としてもよい。第2レンズを上記の構成とすることで対物レンズ全系で発生する色収差を効果的に補正することができ、更に正レンズと負レンズの両方を比重2.0以下の材料から形成することで、1群2枚構成であっても軽量なレンズとすることができる。

【0130】請求項2のように、対物レンズを2枚の正レンズで構成すると各屈折面での収差の発生量が小さく、NAが0.7以上の光束においても球面収差をはじめとする諸収差を良好に補正することができ、各レンズをプラスチック材料で構成すると、更に射出成形などにより大量生産が可能となり、安価な対物レンズを得ることができる。

【0131】請求項3の対物レンズによると、条件式(3)を満たすようなアッペ数が特異な値を持たない光学材料でも輪帯状の回折構造を持たせることで色収差を良好に補正できる。特に、波長の短い光源では波長の微少変化でも光学材料の屈折率が大きく変化するが、条件式(3)を満たすようにすると、色収差を十分に補正でき、光源のモードホップなど瞬間的な波長変化が起こっても集光スポットが大きくなることがない。また、比重が2.0以下の材料から形成するので、条件式(4)のようにNAが0.7以上でレンズの外径が大きい2枚構成レンズであっても軽量な対物レンズとすることができる。また、請求項1で述べたようにフォーカス用のアクチュエータへの負担が少ない。

【0132】上記対物レンズの第1レンズは、相対的にアッペ数の大きい正レンズと相対的にアッペ数の小さい負レンズとを接合した1群2枚構成のレンズであってもよい。第1レンズを上記の構成とすることで対物レンズ

全系で発生する色収差を効果的に補正することができ、更に正レンズと負レンズの両方を比重2.0以下の材料から形成することで、1群2枚構成であっても軽量なレンズとすることができる。また、第2レンズについても同様に、相対的にアッペ数の大きい正レンズと相対的にアッペ数の小さい負レンズとを接合した1群2枚構成としてもよい。第2レンズを上記の構成とすることで対物レンズ全系で発生する色収差を効果的に補正することができ、更に正レンズと負レンズの両方を比重2.0以下の材料から形成することで、1群2枚構成であっても軽量なレンズとすることができる。

【0133】請求項4のように、条件式(5)を満たすようなアッペ数が特異な値を持たない光学材料でも輪帯状の回折構造を持たせることで色収差を良好に補正できる。特に、波長の短い光源では波長の微少変化でも光学材料の屈折率が大きく変化するが、条件式(5)を満たすようにすると、色収差を十分に補正でき、光源のモードホップなど瞬間的な波長変化が起こっても集光スポットが大きくなることがない。また、各レンズをプラスチック材料で構成すると、更に射出成形などにより大量生産が可能となり、安価な対物レンズを得ることができるようになる。

【0134】請求項5の条件式(7)を満足するように前記回折構造を構成すると色収差の補正を適切にすることができる。条件式(7)の上限を超えないようにすると色収差が過剰に補正されることがなく、下限を超えないようにすると補正不足とならない。

【0135】請求項6のように回折構造を2次以上の回折光を利用する構造とすると、各輪帯間の段差が大きくなり、また各輪帯間の間隔が大きい構造となり、回折構造の形状要求精度が厳しくなりすぎない。一般に、1次の回折を利用する場合に比べ、2次以上を用いる場合には、回折効率の波長変化による低下が大きい、単一波長に近い光源を用いる場合にはほとんど問題にならないので、製造し易く十分な回折効率を有した対物レンズを得ることができる。

【0136】請求項7にあるように、対物レンズの回折面のうち、少なくとも1つの回折面の輪帯構造の光軸方向の段差量を、 $n$ を0、 $\pm 1$ 以外の整数として、 $n$ 次の高次回折光が最大の回折光量を有するように決定すると（以下、このように輪帯構造が決定された回折面を「高次回折面」と呼ぶ）、 $\pm 1$ 次回折光を利用する場合に比して、輪帯間隔の最小値を緩和できるので、輪帯構造の形状誤差による回折効率低下の影響を小さくできる。このとき、対物レンズに形成された回折面のうちすべての回折面を高次回折面としてもよいし、 $\pm 1$ 次回折光を利用する場合の輪帯間隔の最小値が特に小さくなる回折面のみを高次回折面としてもよい。また、回折光量が最大となる回折次数の値が回折面毎に異なるようにしてもよい。

【0137】なお、 $n$ を整数として、 $n$ 次回折光量が他のいずれの次数の回折光の回折光量よりも大きくなるように回折輪帯の光軸方向の段差量 $\Delta$  (mm) が決定される場合、段差量 $\Delta$ は、 $\lambda_0$ を光源が発生する光の波長 (mm)、 $N$ を波長 $\lambda_0$ における対物レンズの屈折率としたとき、

$$\Delta \cong n \cdot \lambda_0 / (N - 1)$$

が成立する。

【0138】請求項8のように、対物レンズが式(8)を満たすことで、安価で軽量の対物レンズでありながら 10 高開口数 (NA) 化に対応することができる。

【0139】請求項9のように、第1面から第3面までの少なくとも2つの面を非球面とすると、球面収差の他に更にコマ収差、非点収差を良好に補正することができる。対物レンズのチルトや光源との光軸のずれにともなう集光性能の劣化を小さくすることができる。また、レンズがプラスチック製であれば屈折面を非球面とすることは容易であり、製造コストが増加することはない。

【0140】請求項10の条件式(9)は第1レンズと 20 第2レンズの屈折力配分を適切にするためのものであり、条件式(9)の上限を超えないようにすると第3面すなわち第2レンズの光源側の面の曲率半径が小さくなり過ぎず、第1レンズと第2レンズとの光軸ずれによる収差劣化を小さく押さえることができ、さらに第3面の最大有効径位置における非球面の接面と光軸に垂直な平面とのなす角度が大きくなりすぎないので、レンズ成形のための金型の加工が容易になる。条件式(9)の下限を超えないようにするとコマ収差や非点収差などの像高特性を良好に補正することができる。

【0141】請求項11の条件式(10)は第1レンズ 30 の適切な形状に関するものであり、式(10)の下限以上で第2面、すなわち第1レンズの光情報記録媒体側の面の、最大有効径位置における面の法線と入射光線とのなす角度が小さくなりすぎることがないので、第1面での反射光が光ピックアップ装置の受光素子に入射することに起因する不要信号の検出を防ぐことができる。また、第1レンズの中心厚さが大きくなりすぎないので対物レンズの全長を小さく抑えることができ、光ピックアップ装置の小型化を達成できる。式(10)の上限以下 40 で、第1レンズの第1面と第2面との光軸ずれによる収差劣化が大きくなりすぎない。

【0142】請求項12のようにレンズを2枚の正レンズで構成すると、光線に対する屈折力を4つの面に分配できるので、各屈折面での収差の発生量が小さく、高NAの光束においても球面収差をはじめとする諸収差を良好に補正することができ、かつ各屈折面の偏心など誤差による諸収差の劣化が少なく製造し易い対物レンズとすることができる。さらに各レンズをプラスチック材料から形成すると、レンズの体積が大きい2枚のレンズで構成された高NAの対物レンズであっても軽量であるの 50

で、フォーカシング用のアクチュエータへの負担の軽減、高速な追従、小型のアクチュエータでの駆動等が可能であり、かつ、射出成形などより大量生産が安価に可能となる。

【0143】プラスチックレンズはガラスレンズと比較して温度変化による屈折率や形状変化が大きいので、それによる性能劣化が問題となりやすいが、この性能劣化、すなわち球面収差の増大はNAの4乗に比例して大きくなるので、高NAになるほど問題となる。一般にプラスチックレンズの温度変化に対する屈折率の変化は、 $-10 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$ 程度である。高NAの対物レンズをプラスチック材料から形成された2枚のレンズで構成する場合、対物レンズの焦点距離に対してワーキングディスタンスが小さいと、温度上昇時には補正不足の低次の球面収差が発生し、温度下降時には低次の補正過剰の球面収差が発生する。これに対し、対物レンズの焦点距離に対してワーキングディスタンスを大きくしていくと、温度変化時に上述の低次の球面収差とは逆極性の高次の球面収差を発生させることができる。このとき、対物 20 レンズの焦点距離とワーキングディスタンスが式(11)を満たすことにより、低次の球面収差の発生量と、逆極性の高次の球面収差の発生量のバランスを良好にとることが可能となり、プラスチック材料から形成された高NAの対物レンズであっても、温度変化時における波面収差の劣化の少ない対物レンズとすることができる。式

(11)の下限以上で温度上昇時の球面収差が補正不足になり過ぎず、上限以下で温度上昇時の球面収差が補正過剰になり過ぎない。また、式(11)の下限以上で温度下降時の球面収差が補正過剰になり過ぎず、上限以下で温度下降時の球面収差が補正不足になり過ぎない。

【0144】温度変化時の球面収差を良好に補正するには、式(11)の値は0.14程度がもっとも好ましい。以下、具体例をあげて説明する。図49に基準温度から+30℃温度上昇した場合の、3種類の対物レンズの球面収差図を示す。いずれもプラスチック材料から形成された2枚の正レンズからなる対物レンズである。式(11)の値はそれぞれ、(a) 0.08 (b) 0.14 (c) 0.25である。式(11)の下限を超えた (a) の場合は、温度上昇時にアンダーな低次の球面収差が大きく発生するが、オーバーな高次の球面収差の発生が小さいために全体として補正不足の球面収差となる。これに対し、式(11)の上限を超えた (c) の場合は、温度上昇時にアンダーな低次の球面収差の発生が小さいにもかかわらず、オーバーな高次の球面収差が大きく発生するために全体として補正過剰の球面収差となる。式(11)のもっとも好ましい条件である (b) の場合には、温度上昇時に発生するアンダーな低次の球面収差とオーバーな高次の球面収差とのバランスが取れており、全体としてほぼ完全補正型の球面収差となっている。 50

【0145】また、NAの大きい対物レンズを2枚の正レンズで構成するとワーキングディスタンスが小さくなりがちであるので、光情報記録媒体のそりによって対物レンズが光情報記録媒体と接触する可能性が大きいという問題があったが、式(11)を満たすことで小径であってもワーキングディスタンスを大きく確保することができるので、光情報記録媒体のそりによる対物レンズと光情報記録媒体との接触を防ぐことができる。

【0146】ところで、光ピックアップ装置において光源として用いられる半導体レーザはその発振波長に±10nmほどの個体間のばらつきがあるが、基準波長からずれた発振波長をもつ半導体レーザを光源に用いた場合、対物レンズで発生する球面収差は開口数が大きくなるほど大きくなるので、基準波長からずれた発振波長をもつ半導体レーザは使用できなくなり、光源として使用する半導体レーザの選別が必要となる。さらに、プラスチックレンズはガラスレンズと比較して屈折率が小さいので、基準波長からずれた発振波長をもつ半導体レーザを光源に用いた場合、対物レンズで発生する球面収差は大きくなりがちであった。しかし、式(11)を満たすことで、プラスチック材料から形成された高NAの対物レンズであっても、基準波長からずれた発振波長をもつ半導体レーザを光源に用いた場合に発生する球面収差を小さく抑えることが可能となる。式(11)の下限以上で発振波長が長波長側にずれた時の球面収差が補正不足になり過ぎず、上限以下で発振波長が長波長側にずれた時の球面収差が補正過剰になり過ぎない。また、式(11)の下限以上で発振波長が短波長側にずれた時の球面収差が補正過剰になり過ぎず、上限以下で発振波長が短波長側にずれた時の球面収差が補正不足になり過ぎない。

【0147】請求項13にあるように、式(12)を満たし、光情報記録媒体に記録および／または再生を行うのに必要な所定の対物レンズの像側開口数(NA)を0.70以上に高めることで(従来の光情報記録媒体、例えばCDでは0.45、DVDでは0.60である)、情報記録面上に集光するスポットのサイズを小さくできるので、従来の光情報記録媒体より高密度に記録および／または高密度記録された情報の再生が光情報記録媒体に対して可能となる。

【0148】請求項14のようにレンズを2枚の正レンズで構成すると、光線に対する屈折力を4つの面に分配できるので、各屈折面での収差の発生量が小さく、高NAの光束においても球面収差をはじめとする諸収差を良好に補正することができ、かつ各屈折面の偏心など誤差による諸収差の劣化が少なく製造しやすい対物レンズとすることができる。

【0149】また、光情報記録媒体に記録および／または再生を行うのに必要な所定の対物レンズの像側開口数(NA)を式(13)を満たし、0.70以上に高める

ことで情報記録面上に集光するスポットのサイズを小さくできるので、従来の光情報記録媒体より高密度に記録および／または高密度記録された情報の再生が光情報記録媒体に対して可能となる。一方、NAの大きい対物レンズを2枚の正レンズで構成するとワーキングディスタンスが小さくなりがちであるので、光情報記録媒体のそりによって対物レンズが光情報記録媒体と接触する可能性が大きいという問題が発生する。ワーキングディスタンスを大きく確保するには、対物レンズの焦点距離を大きくする、すなわち、対物レンズの入射瞳径を大きくすることが有効であるが、この場合、光ピックアップ装置が大型化してしまうので、実用上好ましくない。ピックアップ装置の小型化とワーキングディスタンスの確保を両立するには式(14)を満たすことが好ましい。式

(14)の上限を超えないようにすると、第2レンズのパワーが強くなりすぎないので、第2レンズの製造誤差感度や第1レンズと第2レンズの光軸ずれによる収差劣化を小さく抑えることができ、製造しやすいレンズとすることができる。さらに、正弦条件が良好に補正されたレンズとすることができる。式(14)の下限を超えないようにすると、小径であってもワーキングディスタンスを大きく確保することができるので、光情報記録媒体のそりによる対物レンズと光情報記録媒体との接触を防ぐことができ、光ピックアップ装置を小型化することができる。以上より、式(14)は、 $0.07 \leq WD/E$   
 $NP \leq 0.14$ を満たすことが好ましい。

【0150】請求項15にあるように、500nm以下の波長を発生する光源を使用する場合であっても、厚さが3mmにおける、光源が発生する光の波長での内部透過率が90%以上であるプラスチック材料から本発明における対物レンズを形成することで、従来の単レンズ構成の対物レンズに比してレンズ厚や体積が大きい2群構成の対物レンズであっても、光透過率が十分に大きいのので、記録再生信号のS/N比をよくすることができ、さらに、重量が小さいので、より小型のアクチュエータによる駆動や省電力化を達成できる。また、飽和吸水率が0.1%以下であるプラスチック材料から形成することで、NAが0.70以上の対物レンズであっても、吸水による結像性能の劣化を小さく抑えることができる。ここで、内部透過率とは、プラスチック材料への入射光の強度と出射光との強度の比であり、表面反射損失や面間の反射による影響は考慮しないとする。

【0151】請求項16のように、対物レンズが式(16)を満たすことで、小径でかつワーキングディスタンスが大きく安価で軽量の対物レンズでありながら高開口数(NA)化に対応することができる。

【0152】請求項17のように、第1面から第3面までの少なくとも2つの面を非球面とすると、球面収差の他に更にコマ収差、非点収差を良好に補正することができ、対物レンズのチルトや光源との光軸のずれにともな

10

20

30

40

50

う集光性能の劣化を小さくすることができる。このとき、少なくとも第1面と第3面の2つの面を非球面とするとより精緻に上述の収差の補正ができるので好ましい。さらに、第2面も非球面とすることで第1レンズと第2レンズの光軸のずれにより発生する収差を小さく抑えることができるのでより好ましい。また、対物レンズがプラスチック製であれば屈折面を非球面とすることは容易であり、製造コストが増加することはない。

【0153】請求項18の条件式(17)は第1レンズと第2レンズの屈折力配分を適切にするためのものであり、条件式(17)の上限を超えないようにすると第3面すなわち第2レンズの光源側の面の曲率半径が小さくなり過ぎず、第1レンズと第2レンズとの光軸ずれによる収差劣化を小さく抑えることができ、さらに第3面の最大有効径位置における非球面の接面と光軸に垂直な平面とのなす角度が大きくなりすぎないので、レンズ成形のための金型の加工が容易になる。条件式(17)の下限を超えないようにするとコマ収差や非点収差などの像高特性を良好に補正することができる。

【0154】また、式(17)の下限以上で温度上昇時の球面収差及び光源の波長が基準波長から長波長側にずれたときの球面収差が補正過剰になり過ぎない。また、温度下降時の球面収差及び光源の波長が基準波長から短波長側にずれたときの球面収差が補正不足になり過ぎない。さらに、コマ収差や非点収差等の像高特性を良好に補正することができる。また、第1レンズの第1面と第2面との光軸ずれ及び第1レンズと第2レンズとの光軸ずれによる収差劣化が大きくなりすぎない。式(17)の上限以下で温度上昇時の球面収差及び光源の波長が基準波長から長波長側にずれたときの球面収差が補正不足になり過ぎない。また、温度下降時の球面収差及び光源の波長が基準波長から短波長側にずれたときの球面収差が補正過剰になり過ぎない。また、第1レンズと第2レンズとの間隔が大きくなりすぎないので、対物レンズの全長を小さく抑えることができ、光ピックアップ装置の小型化を達成できる。以上より、式(17)は、 $1.3 \leq f_1/f_2 \leq 4.2$ を満たすことが好ましい。

【0155】請求項19の条件式(18)は第1レンズの適切な形状に関するものであり、式(18)の下限以上で第2面、すなわち第1レンズの光情報記録媒体側の面の、最大有効径位置における面の法線と入射光線とのなす角度が小さくなりすぎることがないので、第1面での反射光が光ピックアップ装置の受光素子に入射すること起因する不要信号の検出を防ぐことができる。また、第1レンズの中心厚さが大きくなりすぎないので対物レンズの全長を小さく抑えることができ、光ピックアップ装置の小型化を達成できる。式(18)の上限以下で、第1レンズの第1面と第2面との光軸ずれによる収差劣化が大きくなりすぎない。以上より、式(18)は、 $0.8 \leq (r_2+r_1)/(r_2-r_1) \leq 4.0$ を満たすことが好ましい。

【0156】また、2群構成のレンズの設計においては、第1レンズと第2レンズの光軸ずれにより発生する非点収差やコマ収差等を補正し、組み立ての容易なレンズとすることが工数の低減およびコストダウンの観点から重要である。また、高NAの対物レンズでは、製造誤差に対する十分な公差を確保した場合、ワーキングディスタンスが小さくなりがちであるが、ワーキングディスタンスが小さいと、アクチュエータによる駆動時に光情報記録媒体と接触し、情報記録面を破損する恐れがある。請求項20の条件式(19)は、第1レンズと第2レンズの光軸ずれにより発生する収差を良好に補正し、さらに、製造誤差に対する十分な公差を確保しつつ、実用上問題とならない程度のワーキングディスタンスを確保するための、第1レンズの最も光源側の面と、第2レンズの最も光源側の面のサグ量に関する条件式である。上記の条件式の下限を超えないようにすると、第2レンズのパワー負担が大きくなりすぎないので、第2レンズの光源側の面の見込角度が大きくなりすぎず、ダイヤモンドバイトによる金型加工を正確に行うことができる。また、第1レンズと第2レンズの光軸ずれにより発生する収差を良好に補正することができ、組み立ての容易なレンズとすることができる。上記の条件式の上限を超えないようにすると、ワーキングディスタンスが小さくなりすぎないので、アクチュエータによる駆動が容易な対物レンズとすることができ、さらに、第1レンズのパワー負担が大きくなりすぎないので、第1レンズの光源側の面の見込角度が大きくなりすぎず、ダイヤモンドバイトによる金型加工を正確に行うことができる。また、第1レンズと第2レンズの光軸ずれにより発生する収差を良好に補正することができ、組み立ての容易なレンズとすることができる。

【0157】上記の作用を達成するには、請求項21のように、式(22)を満たすことがより好ましい。

【0158】請求項22のように、使用波長が500nm以下となると回折による影響が小さくなり、集光スポットの大きさはより小さくなり、高密度の記録・再生が可能となるが、使用波長範囲で材料の3mm厚に対する内部透過率が85%以上のものを材料とすると、記録のための光の強度が十分得られ、また再生のための読み出し時に前記対物レンズを往復で通過してもセンサへ入射する光量を十分得ることができ、読み出し信号のS/N比を良くすることができる。また、500nm以下、特に400nm程度になると吸収によるレンズ材料の劣化が無視できなくなるが、上記条件を満たした材料を用いた対物レンズとすれば劣化の影響は僅かとなり、半永久的に使用が可能となる。

【0159】請求項23によれば、記録のための光の強度が更に十分得られ、また再生のための読み出し時に前記対物レンズを往復で通過してもセンサへ入射する光量を更に十分得ることができ、読み出し信号のS/N比を



一層良くすることができる。

【0160】請求項24のように材料を選ぶと、各レンズが空気中の水分を吸収する過程においてレンズ内に吸水率の差による屈折率分布が生じにくく、それによる収差を小さくすることができる。特にNAが大きいと、収差の発生は大きくなる傾向があるが、上記のようにすると十分小さくすることができる。これは、請求項25のようにすると、一層効果的になる。

【0161】請求項26のように光情報記録媒体の透明基板厚が0.6mm以下となると透明基板による球面収差の補正効果が小さくなるが、対物レンズ2枚構成とすることで球面収差を十分に補正できる。また、対物レンズのNAが0.7以上となつて対物レンズの開口数が大きくなると、光軸に対して垂直な面からの光情報記録媒体の傾き（ディスクキュー）やそれに起因するコマ収差の発生が大きくなるという問題が発生するが、光情報記録媒体の透明基板の厚さを0.6mm以下にすることで光情報記録媒体の微小な傾きや反りによるコマ収差の発生が小さくなり、CDやDVD等の従来の光情報記録媒体と同等、あるいはそれ以上のスキューマージンを確保できる。

【0162】以上述べたように請求項1～26によって良好な対物レンズが得られるが、NAが大きく、波長のより短い光源を用いて記録密度を大きくしようとする場合、さまざまな誤差の影響、特に球面収差の変動が無視できなくなる。そこで、請求項27のように光源と前記対物レンズとの間に球面収差の変動を補正する球面収差補正手段を設けると、さまざまな誤差があっても良好な集光特性を維持できる集光光学系を得ることができる。

【0163】請求項28のように温度・湿度の変化により、対物レンズ、特にプラスチックレンズでできた対物レンズなどで発生する球面収差変動を補正する球面収差補正手段を設けると、環境変化に対しても集光スポットが良好な集光光学系を得ることができる。

【0164】請求項29のように光情報記録媒体の透明基板厚の変動によって生ずる球面収差の変動を補正する球面収差補正手段を設けると、前記光情報記録媒体に製造誤差などがあっても集光スポットが良好な集光光学系を得ることができる。

【0165】請求項30のように光情報記録媒体が同一の光束入射面側から保護層までの透明基板を挟んで複数の記録層を有する場合、光束入射面から各記録層までの透明基板厚の違いによって生ずる球面収差の変動を補正する球面収差補正手段を設けると、各記録層への集光スポットはいずれも良好にすることができ、記録面密度が大きい光メモリ用の集光光学系を得ることができる。

【0166】請求項31のように光源の発振波長の差によって生ずる球面収差の変動を補正する球面収差補正手段を設けると、光源装置の誤差があっても集光スポットが良好な集光光学系を得ることができる。

【0167】請求項32のように、温度・湿度変化、光情報記録媒体の透明基板厚の変動、及び光源の発振波長の変動の内の少なくとも2つの組み合わせによって生ずる球面収差の変動を補正する球面収差補正手段を設けると、常に集光特性の良好な集光光学系を得ることができる。このような球面収差補正手段を設けると、対物レンズ、光源、光情報記録媒体などへの要求精度が厳しくなりすぎず、それでいて性能のよい集光光学系が得られる。

【0168】請求項33のように、屈折率分布可変材料層を有し、外部からの制御信号に基づいて、この屈折率分布可変材料層の屈折率分布を変化できるようにすると、対物レンズに入射される光束の光路長を所定量変化させることができるので、集光光学系中で発生した球面収差の変動を相殺補正することができる。これにより、可動部がなく機械的に簡単な構造の球面収差補正手段を得ることができ、光ピックアップの構造を簡略化できる。このような屈折率分布可変材料層としては、電気的に屈折率分布を変化させることのできる液晶などを用いることができる。

【0169】請求項34のように、球面収差補正手段を少なくとも1枚の正レンズと少なくとも1枚の負レンズとを含むビームエキスパンダの構成とし、球面収差補正手段に含まれるレンズのうち、少なくとも1つのレンズを光軸方向に沿って変位可能とするようにすると、対物レンズへ入射する光線束の発散度を変化させることができ、球面収差を変化させることができる。すなわち、対物レンズの物点位置の変化によって球面収差を変化させることができるのであるが、このとき、対物レンズの物点位置の変化によって発生する球面収差を、温度・湿度変化や透明基板の厚さの誤差や光源の波長の誤差等で発生する球面収差に比して逆符号とし、かつ大きさを略一致するように、球面収差補正手段の可動レンズの変移量を制御することで、情報記録面上に集光された波面は常に球面収差が良好に補正された状態とすることができる。また、この球面収差補正手段は正レンズと負レンズを含むことにより色収差を補正しやすくなるので、半導体レーザのモードホップなど、フォーカシングや球面収差補正手段が追従できないような瞬時的に発生する波長変化が起きた場合でも、情報記録面上に集光された波面の集光状態が劣化することはない。

【0170】請求項35の条件式(23)を満足するように正レンズと負レンズのアップベ数を選ぶと、色収差が良好に補正された球面収差補正手段を有する集光光学系を得ることができる。

【0171】請求項36の条件式(24)および条件式(25)を満足するようにすると、更に好ましく色収差が補正された球面収差補正手段を有する集光光学系を得ることができる。

【0172】請求項37の条件式(26)を満足するよ

うに正レンズと負レンズのアップベ数の差を選ぶと更に良い。条件式(26)の下限を超えないようにすると、色収差の補正は容易となり、正レンズおよび負レンズの屈折力を大きくしすぎることなく色収差を補正でき、コマ収差などの像高特性の劣化が少ない集光光学系を得ることができる。条件式(26)の上限を超えないようにすると、材料の入手が容易で内部透過率や加工性に問題がある材料となることない。更に、可動要素の材料を比重が2.0以下の材料で形成すると、可動要素が十分に軽量で、球面収差の変動が高速で起こる場合でも容易に追従可能な球面収差補正手段を有する集光光学系を得ることができる。

【0173】請求項38のように正レンズをアップベ数が70以下の材料とすれば、耐酸性や耐候性などに優れた材料を選択でき、負レンズをアップベ数が40以上の材料とすれば内部透過率、特に短波長における透過率の優れた材料を選択できるようになり、輪帯状の回折構造を持たせたことで色収差の補正も十分にできる。

【0174】請求項39のように可動要素を比重が2.0以下の材料で形成すれば、可動要素が十分に軽量で、球面収差の変動が高速で起こる場合でも容易に追従可能な球面収差補正手段を有する集光光学系を得ることができる。

【0175】請求項40のように各レンズをプラスチック材料で構成すると更に射出成形などより大量生産が可能となり、安価な球面収差補正手段を得ることができる。

【0176】請求項41のようにすると、各レンズが空気中の水分を吸収する過程においてレンズ中に吸水率の差による屈折率分布が生じにくく、それによって発生する収差や位相変化にともなう回折効率の低下を抑えることができる。特にNAが大きいと、収差発生や回折効率低下は大きくなる傾向にあるが、上記のようにすると十分小さくすることができる。

【0177】請求項42のように回折構造を2次以上の回折光を利用する構造とすると、各輪帯間の段差が大きくなり、また各輪帯間の間隔が大きい構造となり、回折構造の形状要求精度が厳しくなりすぎない。一般に、1次の回折光を利用する場合に比べ、2次以上を用いる場合では、回折効率の波長変化による低下が大きいが、単一波長に近い光源を用いる場合にはほとんど問題にならないので、製造し易く十分な回折効率を有した球面収差補正手段を得ることができる。

【0178】請求項43のように使用波長が500nm以下となると回折による影響が小さくなり、集光スポットの大きさはより小さくなり、高密度の記録・再生が可能となるが、使用波長範囲で材料の3mm厚に対する内部透過率が85%以上のものを材料とすると、記録のための光の強度が十分得られ、また再生のための読み出し時に前記球面収差補正手段を往復で通過して、センサへ

入射する場合でも光量を十分得ることができ、読み出し信号のS/N比を良くすることができる。また、500nm以下、特に400nm程度になると吸収によるレンズ材料の劣化が無視できなくなるが、上記条件を満たした材料を用いた球面収差補正手段とすれば劣化の影響は僅かとなり、半永久的に使用が可能となる。

【0179】請求項44のような構成の球面収差補正手段とすれば簡単で安価であるにもかかわらず性能良好な球面収差補正手段となる。

【0180】請求項45のように、温度・湿度変化や透明基板の厚さの誤差や光源の波長の誤差等に起因して集光光学系で球面収差がオーバー(補正過剰)方向に変動したときは、正レンズと負レンズとの間隔を所定量減少させると、対物レンズへの入射光の発散度、すなわち、対物レンズの物点位置が変化することで、絶対値が上記オーバー方向の球面収差と略一致し、かつアンダー(補正不足)方向の球面収差を発生させることができる。その結果、情報記録面上に集光された波面は球面収差が相殺補正された状態となる。一方、集光光学系で球面収差がアンダー方向に変動したときは、正レンズと負レンズとの間隔を所定量増加させると、対物レンズの物点位置が変化することで、絶対値が上記アンダー方向の球面収差と略一致し、かつオーバー方向の球面収差を発生させることができるので、情報記録面上に集光された波面は球面収差が相殺補正された状態となる。

【0181】更に、請求項46の条件式(27)、条件式(29)を満足するような集光光学系とすると、回折によるスポットの広がり小さくなり、より高密度の集光光学系が得られる。また条件式(28)を満たすような光情報記録媒体を用いれば、光情報記録媒体の傾きや反りなどによる集光スポットの広がり小さく良好な記録および/または再生が可能となる。

【0182】請求項47の条件式(30)を満足するように色収差を補正すると、NAが0.7以上であっても光源の微少な波長変動によるスポットサイズの広がりを十分に防ぐことができる。

【0183】請求項48のような光情報記録媒体への記録および/または再生時に光源からの発散光束の発散度を変換し対物レンズへ入射させるようにするカップリングレンズにより、10nm程度の波長変動で色収差が過剰に補正されたカップリングレンズとすると、対物レンズなどのその他の光学系で発生する色収差と相殺補正することができるカップリングレンズを得ることができる。一般に、カップリングレンズは光源から出射する光束の発散度が小さいため対物レンズに比べ、屈折力が小さくて済み、製造時の要求精度が対物レンズほど厳しくなく、またワーキングディスタンスなどの制約が少ないため、収差補正に余裕がある。色収差をカップリングレンズでキャンセルするようにすれば、色収差を厳しく補正していない対物レンズもこのカップリングレンズと組



み合せて用いることで、波長変動による影響が大きくでる高密度光情報記録用の集光光学系の対物レンズとして使用可能となる。

【0184】請求項49のように、少なくとも1つの面を光軸から離れるに従い曲率半径が大きくなる非球面とすることで1枚のレンズでも球面収差を良好に補正することができ、更に1つの面を複数の同心状の輪帯段差を有する回折面とすることで色収差を過剰に補正することができ、簡単な構成で請求項48で述べた作用を有するカップリングレンズを得ることができる。

【0185】請求項50のように光源から遠い方の面を光軸から離れるに従い曲率半径が大きくなる非球面とすると、球面収差の他にコマ収差も良好に補正できる。また光源側の面を巨視的には球面の回折面とすれば簡単な構成でありながら色収差を上記のように過剰補正することができる。

【0186】請求項51のように前記回折面を形成すれば、所望の色収差補正状態のカップリングレンズを得ることができる。条件式(31)の下限を超えないようにすれば、色収差は過剰補正傾向となり、対物レンズなどの色収差を相殺させることができる。条件式(31)の上限を超えないようにすれば、最小輪帯ピッチが小さくなりすぎず、製造容易なカップリングレンズを得ることができる。

【0187】請求項52のように回折構造を2次以上の回折光を利用する構造とすると、各輪帯間の段差が大きくなり、また各輪帯間の間隔が大きい構造となり、回折構造の形状要求精度が厳しくなりすぎない。一般に1次の回折を利用する場合に比べ、2次以上を用いる場合は、回折効率の波長変化による低下が大きいが、単一波長に近い光源を用いる場合にはほとんど問題にならないので、製造し易く十分な回折効率を有したカップリングレンズを得ることができる。

【0188】請求項53のような1群2枚の接合レンズの構成でも色収差を適度に過剰補正したカップリングレンズを得ることができる。

【0189】請求項54のように少なくとも1つの面を非球面とすると球面収差を補正できるので、接合面による球面収差の補正効果を見込まなくてもよくなり、色収差の補正を好適にすることができる。条件式(32)および(33)を満たすようにすると更に良好な性能のカップリングレンズを得ることができる。

【0190】請求項55のように比重が2.0以下の材料で形成すれば、カップリングレンズは十分に軽量とすることができ、球面収差の変動が高速で起こる場合でも容易に追従可能な球面収差補正手段を有する集光光学系を得ることができる。

【0191】請求項56のように各レンズをプラスチック材料で構成すると更に射出成形などより大量生産が可能となり、安価なカップリングレンズを得ることができ

る。

【0192】請求項57のようにすると、各レンズが空気中の水分を吸収する過程においてレンズ中に吸水率の差による屈折率分布が生じにくく、それによって発生する収差や位相変化にともなう回折効率の低下を抑えることができる。特にNAが大きいと、収差発生や回折効率低下は大きくなる傾向にあるが、上記のようにすると十分小さくすることができる。

【0193】請求項58のように、光源と対物レンズの間に光軸方向に変位できるようにした上述のカップリングレンズを備えた集光光学系とし、光情報記録媒体を含む各光学面で発生する球面収差の変動を、前記カップリングレンズを変位させて補正することで、光源波長がより短く、NAがより大きく、より小さいサイズの集光スポットが必要な、高密度な光メモリ用の集光光学系として使用できる。すなわち、カップリングレンズを光軸方向に変移させることで、対物レンズの物点位置が変化するが、このとき、対物レンズの物点位置の変化によって発生する球面収差を、温度・湿度変化や透明基板の厚さの誤差や光源の波長の誤差等で発生する球面収差に比して逆符号とし、かつ大きさを略一致するように、カップリングレンズの変移量を制御することで、情報記録面上に集光された波面は常に球面収差が良好に補正された状態とすることができる。また、半導体レーザーのモードホップなど、フォーカシングやカップリングレンズの変移が追従できないような瞬時的に発生する波長変化が起きた場合でも、本発明による集光光学系は、カップリングレンズの色収差補正機能により、対物レンズを含めた色収差補正がなされているので、情報記録面上に集光された波面の集光状態が劣化することはない。

【0194】請求項59のように光源の発振波長の誤差やばらつきがあると、波長に違いによる屈折率差により収差の補正のバランスがくずれ、球面収差が変化するが、これを前記カップリングレンズを変位させて補正する集光光学系とすると、常に集光特性が最適に維持された集光光学系を得ることができる。

【0195】請求項60のように温湿度変化によって集光光学系を構成するレンズの屈折率が変化して生ずる球面収差の変動を補正するようにすると、プラスチックレンズなどの材料を用いても温湿度変化の影響を受けない性能良好な集光光学系を得ることができる。

【0196】請求項61のように光情報記録媒体の透明基板厚さが製造誤差でばらついたり、部分的な厚さの違いがある場合でもこれによって発生する球面収差の変動を前記カップリングレンズが変位して補正できるので、さまざまな媒体の状態に対処でき、常に良好な集光状態を維持できる集光光学系を得ることができる。

【0197】請求項62のように温湿度変化、光源の発振波長の差異、あるいは光情報記録媒体の透明基板厚変動のうち、少なくとも2つ以上が組み合わされたことで

発生する球面収差の変動を補正するようにすれば、より使いやすく、常に集光特性の良い集光光学系を得ることができる。

【0198】請求項63のように光情報記録媒体が同一の光束入射面側から保護層などの透明基板を挟んで複数の記録層を有するもので、光束入射面から各記録層までの透明基板厚の違いによって生ずる球面収差の変動を補正する補正手段を設けると各記録層への集光スポットはいずれも良好にすることができ、記録面密度が大きい光メモリ用の集光光学系を得ることができる。

【0199】請求項64のように、温度・湿度変化や透明基板の厚さの誤差や光源の波長の誤差等に起因して集光光学系で球面収差がオーバー（補正過剰）方向に変動したときは、光源とカップリングレンズとの間隔を所定量減少させると、対物レンズへの入射光の発散度、すなわち、対物レンズの物点位置が変化することで、絶対値が上記オーバー方向の球面収差と略一致し、かつアンダー（補正不足）方向の球面収差を発生させることができる。その結果、情報記録面上に集光された波面は球面収差が相殺補正された状態となる。一方、集光光学系で球面収差がアンダー方向に変動したときは、光源とカップリングレンズとの間隔を所定量増加させると、対物レンズの物点位置が変化することで、絶対値が上記アンダー方向の球面収差と略一致し、かつオーバー方向の球面収差を発生させることができるので、情報記録面上に集光された波面は球面収差が相殺補正された状態となる。

【0200】上記請求項58～64で記載した集光光学系はいずれも請求項48～57に記載したカップリングレンズを用いているので、対物レンズを含む集光光学系全体で色収差が良好に補正されているので、光源のモードホップなど瞬間的でカップリングレンズの変位が追従できない波長変動が起こっても集光スポットが劣化しない。また、光源の発振波長の差異など変動量が大きく、球面収差の補正バランスがくずれてしまう場合は残存する球面収差をカップリングレンズの変位で補正できる。

【0201】請求項65のように請求項1～26で述べた対物レンズを組み合わせると更に良好な集光光学系を得ることができる。

【0202】請求項66のように条件式(34)を満たすような高NAの対物レンズとすると、集光スポットは小さくすることができ、条件式(35)を満たすような厚さの透明基板厚とすると光情報記録媒体が傾いたり、反ったりすることで集光スポット径が大きくなることを防ぎ、条件式(36)を満たすような短波長に光源を用いると回折の影響が小さく、集光スポットを小さくできる。また、集光光学系全体で色収差が良好に補正されているので、短波長領域で僅かな波長変化による大きな屈折率変化の影響は補正されており、集光スポットを大きくするさまざまな誤差要因によって起こる球面収差変動もカップリングレンズの変位で補正することができ、常

に小さい集光スポットが維持でき、高密度の光メモリが実現できるようになる。

【0203】請求項67のように条件式(37)を満たすように集光光学系の色収差を補正すると十分小さい集光スポットが常に得られるようになる。

【0204】請求項68のように光ピックアップ装置を構成すると、記録ピットサイズが小さく記録密度が大きい光情報記録媒体への記録および／または再生が良好に行われる高性能で安価な光ピックアップ装置を得ることができる。集光光学系の選択によって、各々上述した特性がある光ピックアップ装置が得られる。

【0205】

【発明の実施の形態】以下、本発明による実施の形態及び実施例のレンズについて説明する。本実施の形態のレンズにおける非球面は光軸方向をX軸、光軸に垂直な方向の高さをh、屈折面の曲率半径をrとするとき次式の数3で表す。但し、Kを円すい係数、 $A_{2i}$ を非球面係数とする。

【0206】

【数3】

$$X = \frac{h^2/r}{1 + \sqrt{1 - (1 + K)h^2/r^2}} + \sum_{i=2}^{\infty} A_{2i} h^{2i}$$

【0207】また、本実施の形態のレンズにおける回折面は光路差関数 $\Phi_b$ として次式の数4により表すことができる。ここで、hは光軸に垂直な高さであり、 $b_{2i}$ は光路差関数の係数（回折面係数）である。

【0208】

【数4】

$$\Phi_b = \sum_{i=1}^{\infty} b_{2i} h^{2i}$$

【0209】

【実施例】（実施例1～5）

【0210】実施例1, 2, 3, 4, 5についてのレンズデータを表1, 2, 3, 4, 5にそれぞれ示す。いずれの実施例においても非球面プラスチックレンズを2枚組み合わせて、NAが0.85の対物レンズを得ている。各実施例について図1、図3、図5、図7、図9に光路図を、図2、図4、図6、図8、図10に球面収差図及び非点収差図をそれぞれ示す。プラスチック材料はポリオレフィン系樹脂であり、比重は約1.0、飽和吸水率は0.01%以下であり、その結果、ガラス製のレンズ2枚を組み合わせた対物レンズの重量の半分以下にすることができ、NAが0.85と大きいにもかかわらず約0.02g（鏡枠含まず）とすることができた。各表に示したとおり、第1面と第3面を含む2乃至3面を非球面としている。その他上述の条件式に関する値は表36に記載したとおりである。

10

20

30

40

50

【0211】

\* \* 【表1】

実施例1

NAobj=0.85, fobj=1.765,  $\lambda=405\text{nm}$ 

面No	備考	r(mm)	d(mm)	N $\lambda$	$\nu d$
	絞り		0.000		
1(非球面1)	対物レンズ	1.870	1.700	1.52491	56.5
2(非球面2)		21.104	0.600		
3(非球面3)		0.916	1.100	1.52491	56.5
4		$\infty$	0.150		
5	透明基板	$\infty$	0.100	1.61950	30.0
6		$\infty$			

非球面係数

非球面1

$K$	-1.10336E-01
A4	-6.06085E-03
A6	-1.28275E-03
A8	-5.42297E-04
A10	-1.00527E-04
A12	-3.10215E-08
A14	1.39738E-08
A16	-8.24879E-06

非球面2

$K$	1.05469E+02
A4	7.28587E-03
A6	-1.89725E-03
A8	4.80216E-04
A10	-2.10858E-03
A12	6.07924E-04

非球面3

$K$	-1.83622E-01
A4	1.88729E-02
A6	-1.73007E-02
A8	1.14561E-01
A10	-1.42900E-01

【0212】

※20※ 【表2】

実施例2

NAobj=0.85, fobj=1.765,  $\lambda=405\text{nm}$ 

面No	備考	r(mm)	d(mm)	N $\lambda$	$\nu d$
	絞り		0.000		
1(非球面1)	対物レンズ	1.726	1.797	1.52491	56.5
2(非球面2)		24.183	0.450		
3		0.903	1.016	1.52491	56.5
4		3.044	0.150		
5	透明基板	$\infty$	0.100	1.61950	30.0
6		$\infty$			

非球面係数

非球面1

$K$	-1.61673E-01
A4	-7.88688E-03
A6	-1.80085E-03
A8	-4.61976E-04
A10	-1.91069E-04
A12	-4.57597E-05
A14	1.80742E-05
A16	-1.24644E-05

非球面2

$K$	3.03023E+02
A4	8.48329E-03
A6	-1.28072E-03
A8	-2.98976E-03
A10	1.09133E-04

【0213】

【表3】

## 実施例3

NA0.85, f0.85,  $\lambda=405\text{nm}$ 

面No	備考	r(mm)	d(mm)	N $\lambda$	$\nu d$
	絞り		0.000		
1(非球面1)	対物レンズ	1.809	1.737	1.52491	56.5
2(非球面2)		20.403	0.309		
3(非球面3)		0.950	1.040	1.52491	56.5
4		1.870	0.150		
5	透明基板	$\infty$	0.100	1.81950	30.0
6		$\infty$			

## 非球面係数

## 非球面1

K	-1.76315E-01
A4	-9.82791E-03
A6	-2.39862E-03
A8	-7.38813E-04
A10	-3.26873E-04
A12	-5.51180E-05
A14	5.01483E-05
A16	-3.17230E-05

## 非球面2

K	2.38839E+02
A4	2.27228E-03
A6	-9.01448E-04
A8	-8.65489E-04
A10	-1.31119E-03

## 非球面3

K	8.67800E-02
A4	-7.46263E-03
A6	-8.74263E-03
A8	-7.25839E-03
A10	4.83039E-02

【0214】

\*20\*【表4】

## 実施例4

NA0.85, f0.85,  $\lambda=405\text{nm}$ 

面No	備考	r(mm)	d(mm)	N $\lambda$	$\nu d$
	絞り		0.000		
1(非球面1)	対物レンズ	1.692	2.863	1.52491	56.5
2(非球面2)		3.683	0.100		
3(非球面3)		0.707	0.844	1.52491	56.5
4		$\infty$	0.150		
5	透明基板	$\infty$	0.100	1.81950	30.0
6		$\infty$			

## 非球面係数

## 非球面1

K	-2.07684E-01
A4	-3.43635E-03
A6	-1.70996E-03
A8	-4.37574E-04
A10	5.11484E-05
A12	8.78473E-08
A14	-3.00568E-06
A16	-1.17105E-05

## 非球面2

K	1.48606E+01
A4	-5.39072E-02
A6	8.54683E-02
A8	-5.08916E-02
A10	-1.13718E-01

## 非球面3

K	-3.40640E-01
A4	-2.97686E-02
A6	1.37938E-01
A8	6.22567E-01
A10	-1.31808E+00

【0215】

【表5】

## 実施例5

NAobj=0.85, fobj=1.765,  $\lambda=405\text{nm}$ 

面No	備考	r(mm)	d(mm)	N $\lambda$	$\gamma d$
1(非球面1)	対物レンズ	2.344	3.201	1.52491	56.5
2(非球面2)		-5.218	0.100		
3(非球面3)		0.911	1.028	1.52491	56.5
4		$\infty$	0.150		
5	透明基板	$\infty$	0.100	1.61850	30.0
6		$\infty$			

## 非球面係数

## 非球面1

$\kappa$	-8.16590E-02
A4	-6.63594E-03
A6	-1.17822E-03
A8	-2.65531E-04
A10	1.08093E-05
A12	1.70171E-05
A14	-4.96141E-05
A16	1.13761E-05

## 非球面3

$\kappa$	5.24540E-02
A4	3.04019E-02
A6	-1.05823E-02
A8	-2.49552E-02
A10	-2.44590E-01

## 非球面2

$\kappa$	-2.83406E+01
A4	2.63271E-02
A6	-4.72160E-02
A8	1.09802E-02
A10	5.18183E-03

【0216】(実施例6~11)

【0217】実施例6, 7, 8, 9, 10, 11についてのレンズデータを表6, 7, 8, 9, 10, 11にそれぞれ示す。第1面を含む1面乃至2面を輪帯状の段差を有する回折面としたことにより対物レンズの色収差を良好に補正できた。各実施例について図11、図13、図15、図17、図19、図21に光路図を、図12、図14、図16、図18、図20、図22に球面収差図及び非点収差図をそれぞれ示す。実施例6~11の対物レンズはプラスチック製で、材料はポリオレフィン系樹脂であり、比重は約1.0、飽和吸水率は0.01%以

下である。その他上述の条件式に関する値は表3.6に記載したとおりである。なお、各実施例の表では、回折面は上述の数4で表される光路差関数の係数を与えることで表現しているが、実際の回折面には、光軸と略同心円状に鋸歯状の回折パターン(回折輪帯、輪帯状の回折構造)が設けられており、光路差関数の値が波長のm倍(mは正の整数)変化する毎に回折輪帯を形成している。

【0218】

【表6】

## 実施例6

NA0.85, f0.85,  $\lambda = 405\text{nm}$ 

面No	備考	r(mm)	d(mm)	N $\lambda$	$\gamma d$
1(非球面1, 回折面1)	対物レンズ	2.001	0.000	1.52491	56.5
2(非球面2)		24.012	0.575		
3(非球面3)		0.982	1.088	1.52491	56.5
4		-5.337	0.150		
5	透明基板	$\infty$	0.100	1.61950	30.0
6		$\infty$			

## 非球面係数

## 非球面1

K	-1.02470E-01
A4	-5.55460E-03
A6	-1.56370E-03
A8	-4.59190E-04
A10	-9.07300E-05
A12	-4.81230E-06
A14	8.78340E-06
A16	-3.02730E-06

## 非球面2

K	-3.54211E+02
A4	2.87649E-03
A6	7.13128E-04
A8	2.32381E-03
A10	-2.71892E-03
A12	1.22473E-03

## 非球面3

K	-3.12587E-01
A4	2.15505E-02
A6	-3.40498E-02
A8	1.20851E-01
A10	-1.07335E-01

## 回折面係数

## 回折面1

b2	-1.54280E-02
b4	-1.67160E-04
b6	-4.34820E-04

【0219】

\* \* 【表7】

## 実施例7

NA0.85, f0.85,  $\lambda = 405\text{nm}$ 

面No	備考	r(mm)	d(mm)	N $\lambda$	$\gamma d$
1(非球面1, 回折面1)	対物レンズ	1.944	0.000	1.52491	58.5
2(非球面2)		32.238	0.600		
3(非球面3)		0.959	1.100	1.52491	56.5
4		-6.676	0.150		
5	透明基板	$\infty$	0.100	1.61950	30.0
6		$\infty$			

## 非球面係数

## 非球面1

K	-1.01670E-01
A4	-6.38240E-03
A6	-1.07120E-03
A8	-3.84590E-04
A10	-8.71580E-05
A12	2.97180E-06
A14	8.38860E-06
A16	-4.18850E-06

## 非球面2

K	-3.47283E+02
A4	3.11088E-03
A6	8.42228E-04
A8	2.79401E-03
A10	-2.61774E-03
A12	1.01541E-03

## 非球面3

K	-2.90745E-01
A4	2.06726E-02
A6	-2.27488E-02
A8	1.12447E-01
A10	-9.70951E-02

## 回折面係数

## 回折面1

b2	-6.34110E-03
b4	-9.08750E-05

【0220】

【表8】

## 実施例8

NAOBJ=0.85, fobj=1.765,  $\lambda=405\text{nm}$ 

面No	備考	r(mm)	d(mm)	N $\lambda$	$\gamma$ d
	絞り		0.000		
1(非球面1, 回折面1)	対物レンズ	1.959	1.673	1.52491	56.5
2(非球面2, 回折面2)		20.120	0.586		
3(非球面3)		1.000	1.085	1.52491	56.5
4		-6.478	0.150		
5	透明基板	$\infty$	0.100	1.61950	30.0
6		$\infty$			

## 非球面係数

## 非球面1

K	-1.28370E-01
A4	-6.87690E-03
A6	-1.28380E-03
A8	-3.97290E-04
A10	-8.54260E-05
A12	-4.22770E-06
A14	3.07430E-08
A16	-4.18210E-08

## 非球面2

K	-3.47280E+02
A4	3.63580E-03
A6	5.38920E-04
A8	2.26700E-03
A10	-2.52330E-03
A12	7.74290E-04

## 非球面3

K	-3.08757E-01
A4	1.41331E-02
A6	-2.45971E-02
A8	1.10065E-01
A10	-1.02902E-01

## 回折面係数

## 回折面1

b2	-1.01170E-02
b4	-1.27940E-04

## 回折面2

b2	-1.13170E-02
b4	-1.54640E-03

【0221】

\* \* 【表9】

## 実施例9

NAOBJ=0.85, fobj=1.765,  $\lambda=405\text{nm}$ 

面No	備考	r(mm)	d(mm)	N $\lambda$	$\gamma$ d
	絞り		0.000		
1(非球面1, 回折面1)	対物レンズ	1.658	1.741	1.52491	56.5
2(非球面2)		23.001	0.295		
3(非球面3)		1.038	1.001	1.52491	56.5
4		2.848	0.150		
5	透明基板	$\infty$	0.100	1.61950	30.0
6		$\infty$			

## 非球面係数

## 非球面1

K	-1.82590E-01
A4	-1.16840E-02
A6	-2.46960E-03
A8	-5.29740E-04
A10	-2.97090E-04
A12	-7.71450E-05
A14	4.45440E-05
A16	-2.12480E-05

## 非球面2

K	2.92539E+02
A4	2.09616E-03
A6	-1.93960E-03
A8	-4.00256E-04
A10	-8.81532E-04

## 非球面3

K	1.45033E-01
A4	-1.85433E-02
A6	-2.14689E-02
A8	5.24988E-03
A10	5.34332E-02

## 回折面係数

## 回折面1

b2	-1.49380E-02
b4	-2.46190E-03

【0222】

【表10】

53

54

## 実施例10

NA0.85, f0.85,  $\lambda=405\text{nm}$ 

面No	備考	r(mm)	d(mm)	N $\lambda$	$\nu d$
1(非球面1, 回折面1)	絞り	1.692	0.000		
2(非球面2)	対物レンズ	3.304	0.100	1.52491	56.5
3(非球面3)		0.727	0.790	1.52491	56.5
4		$\infty$	0.150		
5	透明基板	$\infty$	0.100	1.81950	30.0
6		$\infty$			

## 非球面係数

## 非球面1

$K$	-2.25800E-01
A4	-6.17910E-03
A6	-1.00420E-03
A8	-6.47400E-04
A10	-1.15780E-04
A12	2.76780E-05
A14	1.70690E-05
A16	-1.68110E-05

## 非球面2

$K$	1.05494E+01
A4	-1.31211E-01
A6	9.84014E-02
A8	-4.87711E-02
A10	-7.31102E-02

## 非球面3

$K$	-3.78420E-01
A4	-8.41437E-02
A6	-1.52828E-01
A8	7.51728E-01
A10	-1.19708E+00

## 回折面係数

## 回折面1

b2	-1.38120E-02
b4	-2.00390E-03

【0223】

\* \* 【表11】

## 実施例11

NA0.85, f0.85,  $\lambda=405\text{nm}$ 

面No	備考	r(mm)	d(mm)	N $\lambda$	$\nu d$
1(非球面1, 回折面1)	絞り	2.489	0.000		
2(非球面2)	対物レンズ	-5.129	0.100	1.52491	56.5
3(非球面3)		0.917	0.994	1.52491	56.5
4		$\infty$	0.150		
5	透明基板	$\infty$	0.100	1.81950	30.0
6		$\infty$			

## 非球面係数

## 非球面1

$K$	-1.75100E-01
A4	-8.18760E-03
A6	-1.02370E-03
A8	-5.10040E-04
A10	4.66680E-07
A12	7.39530E-05
A14	-5.79050E-05
A16	8.99020E-06

## 非球面2

$K$	-8.66381E+00
A4	1.86859E-02
A6	-4.15246E-02
A8	1.61641E-02
A10	-3.63829E-04

## 非球面3

$K$	2.31360E-02
A4	9.98825E-03
A6	-3.44025E-02
A8	3.33581E-02
A10	-2.80500E-01

## 回折面係数

## 回折面1

b2	-1.03630E-02
b4	-1.44900E-03

【0224】(実施例12)

【0225】表12にレンズデータを示す実施例12では、対物レンズを2枚の非球面プラスチックレンズを組み合わせた構成とし、球面収差補正手段を高屈折率で分散の大きい硝材を用いた負レンズと、低分散の硝材を用い

た正レンズとによるビームエキスパンダとし、この2つのレンズ間隔を可変にすることで球面収差の変動を補正するようにした。本実施例12に関する光路図を図23に、球面収差図を図24に示す。また、硝材を上記のように選択したことにより、集光光学系全体での1nmの



モードホップによる焦点位置変化は $0.12\mu\text{m}$ であり、 $\text{NA}0.85$ でも十分に深度内となる。また、本実施例12で、様々な原因に起因して光学系で発生した球面収差の変動をビームエキスパンダの可動レンズを光軸に沿って動かすことにより補正した結果を後掲の表24に示す。この表からわかるように、本実施例の光学系で\*

実施例12

NAOBJ=0.85, fobj=1.785, fobj+SA=1.494,  $\lambda=405\text{nm}$ 

面No	備考	r(mm)	d(mm)	N $\lambda$	$\nu d$
	光源		$\infty$		
1	球面収差 補正手段	-15.147	1.000	1.80589	27.5
2		7.731	d2(可変)		
3		8.485	1.200	1.52972	84.1
4		-6.858	3.000		
	絞り		0.000		
5(非球面1)	対物レンズ	1.870	1.700	1.52481	56.5
6(非球面2)		21.104	0.800		
7(非球面3)		0.916	1.100	1.52481	56.5
8		$\infty$	0.150		
9	透明基板	$\infty$	0.100	1.61950	30.0
10		$\infty$			

## 非球面係数

## 非球面1

$\kappa$	-1.10336E-01
A4	-6.06085E-03
A6	-1.28275E-03
A8	-5.42297E-04
A10	-1.00527E-04
A12	-3.10215E-08
A14	1.39738E-08
A16	-8.24879E-08

## 非球面3

$\kappa$	-1.93622E-01
A4	1.88729E-02
A6	-1.73007E-02
A8	1.14561E-01
A10	-1.42800E-01

## 非球面2

$\kappa$	1.05469E+02
A4	7.29587E-03
A6	-1.89725E-03
A8	4.80216E-04
A10	-2.10959E-03
A12	6.07924E-04

## 【0227】(実施例13)

【0228】表13にレンズデータを示す実施例13では対物レンズを2枚の非球面プラスチックレンズを組み合わせた構成とし、球面収差補正手段を両面非球面の負レンズと両面に輪帯状の回折面を設けた正レンズとにより構成されたビームエキスパンダとしている。本実施例13に関する光路図を図25に、球面収差図を図26に示す。2つのレンズはともにポリオレフィン系のプラスチ

\*は、レーザ光源の波長変動、温度変化、透明基板厚さ誤差に起因して発生した球面収差を良好に補正することが出来る。各条件式の値を表36に示す。

## 【0226】

## 【表12】

ック材料で形成されており、アッペ数が56程度の一般的な材料であるが、回折構造を設けることにより色収差を非常に良好に補正できている。また、本実施例13で、様々な原因に起因して光学系で発生した球面収差の変動をビームエキスパンダの可動レンズを光軸に沿って動かすことにより補正した結果を表25に示す。

## 【0229】

## 【表13】

## 実施例13

NAOBJ=0.85, fobj=1.765, fobj+SA=1.455,  $\lambda=405\text{nm}$ 

面No	備考	r(mm)	d(mm)	N $\lambda$	$\nu$ d
1(非球面1)	光源	$\infty$	$\infty$		
2(非球面2)	球面収差	-50.032	0.800	1.52491	56.5
3(回折面1)	補正手段	4.676	d2(可変)		
4(回折面2)		10.657	1.200	1.52491	56.5
		-41.661	3.000		
	絞り		0.000		
5(非球面3)	対物レンズ	1.870	1.700	1.52491	56.5
6(非球面4)		21.104	0.800		
7(非球面5)		0.918	1.100	1.52491	56.5
8		$\infty$	0.150		
9	透明基板	$\infty$	0.100	1.61950	30.0
10		$\infty$			

## 非球面係数

## 非球面1

K	-7.62333E+02
A4	1.04036E-03
A6	3.68940E-04
A8	1.28187E-04
A10	-2.90226E-04

## 非球面2

K	1.48071E+00
A4	2.87587E-04
A6	2.30977E-04
A8	-1.47743E-05
A10	-2.32832E-04

## 非球面3

K	-1.10336E-01
A4	-6.06085E-03
A6	-1.28275E-03
A8	-5.42297E-04
A10	-1.00527E-04
A12	-3.10215E-06
A14	1.39738E-08
A16	-8.24876E-06

## 非球面4

K	1.05469E+02
A4	7.28587E-03
A6	-1.89725E-03
A8	4.80218E-04
A10	-2.10959E-03
A12	6.07924E-04

## 非球面5

K	-1.93622E-01
A4	1.88728E-02
A6	-1.73007E-02
A8	1.14561E-01
A10	-1.42900E-01

## 回折面係数

## 回折面1

b2	-9.61240E-03
b4	-6.00360E-04

## 回折面2

b2	-9.22020E-03
b4	1.52890E-04

## 【0230】(実施例14)

【0231】表14にレンズデータを示す実施例14では対物レンズを2枚の非球面プラスチックレンズを組み合わせた構成とし、球面収差補正手段を両面非球面の負レンズと両面が球面の正レンズとで構成し、正レンズをポリオレフィン系のプラスチック材料で形成し、負レンズを高屈折率で分散の大きいプラスチックで形成したビームエキスパンダとし、合成系の色収差を補正している。

30 本実施例14に関する光路図を図27に、球面収差図を図28に示す。また、本実施例14で、様々な原因に起因して光学系で発生した球面収差の変動を、ビームエキスパンダーの可動レンズを光軸に動かすことにより補正した結果を表26に示す。

## 【0232】

## 【表14】

## 実施例14

NAOB=0.85, fobj=1.765, fobj+sa=1.547,  $\lambda=405\text{nm}$ 

面No	備考	r(mm)	d(mm)	N $\lambda$	$\nu d$
1(非球面1)	光源	$\infty$	$\infty$		
2(非球面2)	球面収差	-23.298	1.000	1.66845	24.3
3	補正手段	5.211	d2(可変)		
4		5.564	1.200	1.52491	56.5
		-10.751	3.000		
	絞り		0.000		
5(非球面3)		1.870	1.700	1.52491	56.5
6(非球面4)	対物レンズ	21.104	0.600		
7(非球面5)		0.916	1.100	1.52491	56.5
8		$\infty$	0.150		
9	透明基板	$\infty$	0.100	1.61950	30.0
10		$\infty$			

## 非球面係数

## 非球面1

K	-5.98021E+01
A4	4.92931E-04
A6	1.70031E-04
A8	5.31483E-05
A10	-7.36214E-05

## 非球面2

K	1.00784E+00
A4	1.07846E-04
A6	1.32326E-04
A8	-1.51895E-06
A10	-4.81466E-05

## 非球面3

K	-1.10336E-01
A4	-8.08085E-03
A6	-1.28275E-03
A8	-5.42297E-04
A10	-1.00527E-04
A12	-3.10215E-08
A14	1.39738E-08
A16	-8.24878E-08

## 非球面4

K	1.05469E+02
A4	7.29587E-03
A6	-1.89725E-03
A8	4.80216E-04
A10	-2.10959E-03
A12	6.07924E-04

## 非球面5

K	-1.83622E-01
A4	1.88728E-02
A6	-1.73007E-02
A8	1.14561E-01
A10	-1.42900E-01

## 【0233】(実施例15)

【0234】表15にレンズデータを示す実施例15は対物レンズを2枚の非球面プラスチックレンズを組み合わせた構成とし、球面収差補正手段として1群2枚構成のカップリングレンズを選択したもので、このカップリン

15に関する光路図を図29に、球面収差図を図30に示す。また、本実施例15で、様々な原因に起因して光学系で発生した球面収差の変動を、カップリングレンズを光軸に沿って動かすことにより補正した結果を表27に示す。

## 【0235】

## 【表15】

## 実施例15

NAOBJ=0.85, fobj=1.785, fobj-SA=8.244,  $\lambda=405\text{nm}$ 

面No	備考	r (mm)	d (mm)	N $\lambda$	$\nu_d$
	光源		d0 (可変)		
1		14.551	1.000	1.91409	23.8
2	球面収差	2.387	2.100	1.71548	53.2
3(非球面1)	補正手段	-5.102	d3 (可変)		
	絞り		0.000		
4(非球面2)		1.870	1.700	1.52491	56.5
5(非球面3)	対物レンズ	21.104	0.800		
6(非球面4)		0.916	1.100	1.52491	56.5
7		$\infty$	0.150		
8	透明基板	$\infty$	0.100	1.61950	30.0
9		$\infty$			

## 非球面係数

## 非球面1

K	2.99104E-01
A4	-1.16889E-03
A6	-2.26521E-04
A8	-1.51997E-05
A10	-9.98215E-08

## 非球面2

K	-1.10338E-01
A4	-6.06085E-03
A6	-1.28275E-03
A8	-5.42297E-04
A10	-1.00527E-04
A12	-3.10215E-06
A14	1.39738E-08
A16	-8.24878E-08

## 非球面4

K	-1.93622E-01
A4	1.88729E-02
A6	-1.73007E-02
A8	1.14561E-01
A10	-1.42900E-01

## 非球面3

K	1.05469E+02
A4	7.29587E-03
A6	-1.89725E-03
A8	4.80216E-04
A10	-2.10859E-03
A12	8.07824E-04

## 【0236】(実施例16)

【0237】表16にレンズデータを示す実施例16では光源側を巨視的には平面の回折面とし、光源から遠い側の面を非球面としたプラスチックのカップリングレンズとしている。本実施例のカップリングレンズは簡単な構成でかつ安価で、また非常に軽量なので、球面収差を補正するためにカップリングレンズを駆動させるアクチュエータへの負担が少なく、また慣性が小さいので高速駆動が可能となる。更に、回折面により対物レンズの色

収差を含めて合成系での色収差を良好に補正することができる。本実施例16に関する光路図を図31に、球面収差図を図32に示す。また、本実施例16で、様々な原因に起因して光学系で発生した球面収差の変動をカップリングレンズを光軸に沿って動かすことにより補正した結果を表28に示す。

## 【0238】

## 【表16】

## 実施例18

NAobj=0.85, fobj=1.765, fobj+sa=3.159,  $\lambda=405\text{nm}$ 

面No	備考	r (mm)	d (mm)	N $\lambda$	$\nu d$
1(回折面1)	光源	$\infty$	d0(可変)	1.52491	56.5
2(非球面1)	球面収差 補正手段	-11.252	d2(可変)		
	絞り		0.000		
3(非球面2)	対物レンズ	1.870	1.700	1.62491	56.5
4(非球面3)		21.104	0.600		
5(非球面4)		0.916	1.100	1.52491	56.5
6		$\infty$	0.150		
7	透明基板	$\infty$	0.100	1.61950	30.0
8		$\infty$			

## 非球面係数

## 非球面1

K	-1.32657E+00
A4	1.49622E-04
A6	-1.15965E-05
A8	3.88094E-06
A10	-3.99163E-07

## 非球面2

K	-1.10338E-01
A4	-6.06085E-03
A6	-1.28275E-03
A8	-5.42297E-04
A10	-1.00627E-04
A12	-3.10215E-06
A14	1.39738E-08
A16	-8.24878E-08

## 非球面4

K	-1.93622E-01
A4	1.88729E-02
A6	-1.73007E-02
A8	1.14661E-01
A10	-1.42900E-01

## 回折面係数

## 回折面1

b2	-1.90390E-02
b4	-5.47610E-05

## 非球面3

K	1.05469E+02
A4	7.29587E-03
A6	-1.89725E-03
A8	4.80216E-04
A10	-2.10959E-03
A12	6.07924E-04

## 【0239】(実施例17)

【0240】表17にレンズデータを示す実施例17は 30  
対物レンズを2枚の非球面プラスチックレンズを組み合  
せた構成とし、1つの面に回折面を設け、色収差を補正  
している。球面収差補正手段は正と負の2枚の同じプラ  
スチック材料からなる非球面レンズを組み合わせたビーム  
エキスパンダとしており、球面収差補正手段では、色収  
差は補正不足であるが、対物レンズの回折面の作用によ

り合成系の色収差を良好に補正している。本実施例17  
に関する光路図を図33に、球面収差図を図34に示  
す。また、本実施例17で、様々な原因に起因して光学  
系で発生した球面収差の変動をビームエキスパンダの可  
動レンズを光軸に沿って動かすことにより補正した結果  
を表29に示す。

## 【0241】

## 【表17】

## 実施例17

NAobj=0.85, fobj=1.765, fobj+sa=1.583,  $\lambda=405\text{nm}$ 

面No	備考	r(mm)	d(mm)	N $\lambda$	$\nu d$
1(非球面1)	光源	-19.492	$\infty$	1.52491	56.5
2(非球面2)	球面収差 補正手段	18.605	d2(可変)		
3		17.164	1.200	1.52491	56.5
4		-26.623	3.000		
	絞り		0.000		
5(非球面3, 回折面1)	対物レンズ	2.001	1.683	1.52491	56.5
6(非球面4)		24.812	0.575		
7(非球面5)		0.982	1.088	1.52491	56.5
8		-5.337	0.150		
9	透明基板	$\infty$	0.100	1.61850	30.0
10		$\infty$			

## 非球面係数

## 非球面1

$K$	-6.21785E+00
A4	2.48545E-04
A6	1.01205E-04
A8	2.00087E-05
A10	-1.72459E-05

## 非球面2

$K$	1.08507E+01
A4	1.65177E-04
A6	8.36892E-05
A8	2.21189E-05
A10	-1.64006E-05

## 非球面3

$K$	-1.02470E-01
A4	-5.55460E-03
A6	-1.58370E-03
A8	-4.59190E-04
A10	-9.07300E-05
A12	-4.81230E-06
A14	9.78340E-08
A16	-3.02730E-08

## 非球面4

$K$	-3.54211E+02
A4	2.87649E-03
A6	7.13128E-04
A8	2.32361E-03
A10	-2.71892E-03
A12	1.22473E-03

## 非球面5

$K$	-3.12587E-01
A4	2.15505E-02
A6	-3.40499E-02
A8	1.20851E-01
A10	-1.07335E-01

## 回折面係数

## 回折面1

b2	-1.54280E-02
b4	-1.87160E-04
b6	-4.34820E-04

## 【0242】(実施例18)

【0243】表18にレンズデータを示す実施例18は対物レンズを2枚の非球面プラスチックレンズを組み合わせた構成とし、1つの面に回折面を設け、色収差を補正している。球面収差補正手段は両面非球面の負レンズと両面が球面の正レンズで構成し、正レンズをポリオレフィン系のプラスチック材料で形成したビームエキスパンダである。本実施例18に関する光路図を図35に、球面収差図を図36に示す。負レンズを分散の大きいプラスチックレンズとすることで、ビームエキスパンダに色

30 収差補正を負担させたので、対物レンズの回折面の屈折力は小さくすることができるので、最小輪帯ピッチを大きくすることができ、製造し易く、回折効率の低下が起り難い。また、本実施例18で、様々な原因に起因して光学系で発生した球面収差の変動をビームエキスパンダの可動レンズを光軸に沿って動かすことにより補正した結果を表30に示す。

## 【0244】

## 【表18】

## 実施例18

NAOB<sub>f</sub>=0.85, f<sub>OBJ</sub>=1.765, f<sub>OBJ</sub>+SA=1.542, λ=405nm

面No	備考	r (mm)	d (mm)	Nλ	∇d
	光源		∞		
1(非球面1)	球面収差 補正手段	-23.128	0.800	1.66845	24.3
2(非球面2)		18.832	d2(可変)		
3		25.518	1.200	1.52481	56.5
4		-14.288	3.000		
	絞り		0.000		
5(非球面3, 回折面1)	対物レンズ	1.844	1.700	1.52481	56.5
6(非球面4)		32.238	0.600		
7(非球面5)		0.859	1.100	1.52481	56.5
8		-6.676	0.150		
9	透明基板	∞	0.100	1.61950	30.0
10		∞			

## 非球面係数

## 非球面1

K	1.58034E+01
A4	7.92641E-06
A6	2.07367E-05
A8	-3.04918E-05
A10	-2.02154E-05

## 非球面2

K	-3.81080E+00
A4	-6.07894E-05
A6	-1.68746E-05
A8	-4.30104E-06
A10	-2.22084E-05

## 非球面3

K	-1.01670E-01
A4	-8.38240E-03
A6	-1.07120E-03
A8	-3.84590E-04
A10	-8.71580E-05
A12	2.97180E-06
A14	8.38860E-08
A16	-4.18650E-08

## 非球面4

K	-3.47283E+02
A4	3.11088E-03
A6	8.42228E-04
A8	2.79401E-03
A10	-2.61774E-03
A12	1.01541E-03

## 非球面5

K	-2.90745E-01
A4	2.08728E-02
A6	-2.27468E-02
A8	1.12447E-01
A10	-9.70851E-02

## 回折面係数

## 回折面1

b2	-6.34110E-03
b4	-8.08750E-05

## 【0245】(実施例19)

【0246】表19にレンズデータを示す実施例19は対物レンズを2枚の非球面プラスチックレンズを組み合わせた構成とし、1つの面に回折面を設け、色収差を補正している。球面収差補正手段は両面非球面の負のプラスチックレンズと両面が球面で両方の面に回折面を設けたの正プラスチックレンズとから構成されたビームエキスパンダとしている。本実施例19に関する光路図を図37に、球面収差図を図38に示す。この実施例では対物

レンズとビームエキスパンダーの2個所に回折面を設け、色収差を補正している。各回折面の屈折力を小さくでき、最小輪帯ピッチを大きくすることができ、製造しやすく、回折効率の低下が起り難い。また、本実施例19で、様々な原因に起因して光学系で発生した球面収差の変動をビームエキスパンダーの可動レンズを光軸に沿って動かすことにより補正した結果を表31に示す。

## 【0247】

## 【表19】

## 実施例19

NAOBJ=0.85, fobj=1.765, fobj+SA=1.586,  $\lambda=405\text{nm}$ 

面No	備考	r(mm)	d(mm)	N $\lambda$	$\gamma$ d
1(非球面1)	球面収差 補正手段	-20.202	0.800	1.52491	56.5
2(非球面2)		15.224	d2(可変)		
3(回折面1)		13.582	1.200	1.52491	56.5
4(回折面2)		-419.053	3.000		
	絞り		0.000		
5(非球面3, 回折面3)	対物レンズ	1.944	1.700	1.52491	56.5
6(非球面4)		32.238	0.800		
7(非球面5)		0.959	1.100	1.52491	56.5
8		-6.676	0.150		
9	透明基板	$\infty$	0.100	1.61850	30.0
10		$\infty$			

## 非球面係数

## 非球面1

K	-4.52505E+01
A4	9.21085E-04
A6	8.55864E-04
A8	-1.18168E-04
A10	-6.54080E-06

## 非球面2

K	4.27245E+01
A4	7.33944E-04
A6	4.36368E-04
A8	-1.20250E-04
A10	-1.05031E-05

## 非球面3

K	-1.01670E-01
A4	-6.38240E-03
A6	-1.07120E-03
A8	-3.84590E-04
A10	-8.71580E-05
A12	2.97180E-06
A14	8.38860E-06
A16	-4.18650E-06

## 非球面4

K	-3.47283E+02
A4	3.11088E-03
A6	8.42228E-04
A8	2.79401E-03
A10	-2.61774E-03
A12	1.01541E-03

## 非球面5

K	-2.90745E-01
A4	2.06726E-02
A6	-2.27468E-02
A8	1.12447E-01
A10	-9.70951E-02

## 回折面係数

## 回折面1

b2	-3.77520E-03
b4	-3.05960E-04

## 回折面2

b2	-3.82560E-03
b4	6.06380E-05

## 回折面3

b2	-6.34110E-03
b4	-9.08750E-05

## 【0248】(実施例20)

【0249】表20にレンズデータを示した実施例20は対物レンズを2枚の非球面プラスチックレンズを組み合わせた構成とし、1つの面に回折面を設け、色収差を補正している。球面収差補正手段は両面非球面のプラスチックで形成されたカップリングレンズである。対物レンズに設けた回折面で合成系の色収差を良好に補正している。本実施例20に関する光路図を図39に、球面収差

図を図40に示す。カップリングレンズは安価、軽量であることは同様である。また、本実施例20で、様々な原因に起因して光学系で発生した球面収差の変動をカップリングレンズを光軸に沿って動かすことにより補正した結果を表32に示す。

## 【0250】

## 【表20】



## 実施例20

NAOBJ=0.85, fobj=1.785, fobj+SA=3.922,  $\lambda=405\text{nm}$ 

面No	備考	r(mm)	d(mm)	N $\lambda$	$\nu d$
1(非球面1)	光源		d0(可変)		
2(非球面2)	球面収差補正手段	218.395	1.200	1.52491	56.5
	絞り	-4.798	d2(可変)		
3(非球面3, 回折面1)			0.000		
		2.001	1.883	1.52491	56.5
4(非球面4)	対物レンズ	24.812	0.575		
5(非球面5)		0.882	1.088	1.52491	56.5
6		-5.337	0.150		
7	透明基板	$\infty$	0.100	1.81950	30.0
8		$\infty$			

## 非球面係数

## 非球面1

K	-4.33698E+03
A4	-2.49284E-04
A6	-7.68502E-05
A8	-4.71233E-06
A10	-3.86475E-05

## 非球面3

K	-1.02470E-01
A4	-5.55460E-03
A6	-1.56370E-03
A8	-4.59190E-04
A10	-9.07300E-05
A12	-4.81230E-06
A14	9.78340E-06
A16	-3.02730E-06

## 非球面5

K	-3.12587E-01
A4	2.15505E-02
A6	-3.40499E-02
A8	1.20851E-01
A10	-1.07335E-01

## 回折面係数

## 回折面1

b2	-1.54280E-02
b4	-1.67160E-04
b6	-4.34820E-04

## 非球面2

K	-2.67894E-01
A4	1.37289E-04
A6	-1.86504E-05
A8	-2.93545E-05
A10	-2.15252E-05

## 非球面4

K	-3.54211E+02
A4	2.87649E-03
A6	7.13128E-04
A8	2.32361E-03
A10	-2.71692E-03
A12	1.22473E-03

## 【0251】(実施例21)

【0252】表21にレンズデータを示した実施例21は対物レンズを2枚の非球面プラスチックレンズを組み合わせた構成とし、1つの面に回折面を設け、色収差を補正している。球面収差補正手段は光を側が巨視的には平面の回折面とし、光源から遠い側の面を非球面としたプラスチックのカップリングレンズとしている。本実施例21に関する光路図を図41に、球面収差図を図42に示す。対物レンズとカップリングレンズの2個所に回折

面を設け、色収差を補正している。各回折面の屈折力を小さくでき、最小輪帯ピッチを大きくすることができ、製造し易く、回折効率の低下が起こり難い。また、本実施例21で、様々な原因に起因して光学系で発生した球面収差の変動をカップリングレンズを光軸に沿って動かすことにより補正した結果を表33に示す。

## 【0253】

## 【表21】

## 実施例21

NAOBJ=0.85, fobj=1.785, fobj+SA=4.685,  $\lambda=405\text{nm}$ 

面No	備考	r(mm)	d(mm)	N $\lambda$	$\nu$ d
1(回折面1)	光源		d0(可変)		
2(非球面1)	球面収差補正手段	$\infty$	1.000	1.52491	56.6
	絞り	-5.632	d2(可変)		
3(非球面2, 回折面2)	対物レンズ	1.944	0.000	1.52491	56.5
4(非球面3)		1.700	1.700	1.52491	56.5
5(非球面4)		32.238	0.600	1.52491	56.5
6		0.959	1.100	1.52491	56.5
7	透明基板	-8.676	0.150		
8		$\infty$	0.100	1.81950	30.0

## 非球面係数

## 非球面1

K	8.78837E-01
A4	-7.81949E-04
A6	-2.06309E-05
A8	8.57589E-06
A10	-2.03981E-06

## 非球面係数

## 非球面2

K	-1.01870E-01
A4	-6.38240E-03
A6	-1.07120E-03
A8	-3.84590E-04
A10	-8.71590E-05
A12	2.87180E-06
A14	8.38860E-08
A16	-4.18650E-08

## 非球面4

K	-2.90745E-01
A4	2.06726E-02
A6	-2.27468E-02
A8	1.12447E-01
A10	-9.70951E-02

## 回折面係数

## 回折面1

b2	-1.47620E-02
b4	1.28050E-03

## 非球面3

K	-3.47283E+02
A4	3.11088E-03
A6	8.42228E-04
A8	2.79401E-03
A10	-2.81774E-03
A12	1.01541E-03

## 回折面2

b2	-8.34110E-03
b4	-9.08750E-05

## 【0254】(実施例22)

【0255】表22にレンズデータを示した実施例22は対物レンズを2枚の非球面プラスチックレンズを組み合わせた構成とし、球面収差補正手段として、両面非球面の負のプラスチックレンズと両面が球面に回折面を設けた正プラスチックレンズとから構成されたビームエキスパンダとしている。本実施例22に関する光路図を図43に、球面収差図を図44に示す。ビームエキスパンダに2つの回折面を設け、色収差を補正しているため、各回折面の屈折力を小さくでき、最小輪帯ピッチを大きくすることができ、製造し易く、回折効率の低下が起り難い。また、本実施例22で、様々な原因に起因して光学系で発生した球面収差の変動をビームエキスパンダの

可動レンズを光軸に沿って動かすことにより補正した結果を表34に示す。また、本実施例の光学系は、片側の面に2層の記録層を有する光情報記録媒体に対する記録および/または再生が可能である。第1の記録層の透明基板厚さは0.1mm、第2の記録層の透明基板厚さは0.2mmである。表34にあるように、この透明基板厚さの違いにより発生する球面収差をビームエキスパンダの可動レンズを光軸方向に沿って動かすことで補正している。可動レンズの変移量を大きくすることで3層以上の記録層を有する光情報記録媒体に対する記録および/または再生も可能である。

## 【0256】

## 【表22】

## 実施例22

NAOBJ=0.85, fOBJ=1.765, fOBJ-SA=1.233,  $\lambda=405\text{nm}$ 

面No	備考	r(mm)	d(mm)	N $\lambda$	$\nu d$
1(非球面1)	光源	$\infty$	$\infty$		
2(非球面2)	球面収差 補正手段	-46.389	0.800	1.52491	56.5
3(回折面1)		4.974	d2(可変)		
4(回折面2)		-319.213	1.200	1.52491	56.5
		-11.782	3.000		
	絞り		0.000		
5(非球面3)	対物レンズ	1.870	1.700	1.52491	56.5
6(非球面4)		21.104	0.600		
7(非球面5)		0.916	1.100	1.52491	56.5
8		$\infty$	0.150		
9	透明基板	$\infty$	d9(可変)	1.61950	30.0
10		$\infty$			

## 非球面係数

## 非球面1

K	-4.23235E+02
A4	4.39197E-04
A6	-3.11637E-04
A8	-2.97922E-05
A10	-2.45602E-04

## 非球面3

K	-1.10336E-01
A4	-6.06085E-03
A6	-1.28275E-03
A8	-5.42297E-04
A10	-1.00527E-04
A12	-3.10215E-06
A14	1.39738E-08
A16	-8.24878E-06

## 非球面5

K	-1.93622E-01
A4	1.88729E-02
A6	-1.73007E-02
A8	1.14561E-01
A10	-1.42800E-01

## 回折面係数

## 回折面1

b2	-1.02520E-02
b4	-4.58880E-04

## 非球面2

K	1.16538E+00
A4	-1.10225E-04
A6	-8.97977E-07
A8	-4.53330E-04
A10	-9.58223E-05

## 非球面4

K	1.05469E+02
A4	7.28587E-03
A6	-1.89725E-03
A8	4.80218E-04
A10	-2.10959E-03
A12	6.07924E-04

## 回折面2

b2	-9.81240E-03
b4	2.43280E-05

## 【0257】(実施例23)

【0258】表23にレンズデータを示した実施例23は対物レンズを2枚の非球面プラスチックレンズを組み合わせた構成とし、1つの面に回折面を設け、色収差を補正している。球面収差補正手段は両面非球面のプラスチックで形成されたカップリングレンズである。高屈折率で分散の大きいプラスチック材料で形成したビームエキスパンダとしている。本実施例23に関する光路図を図45に、球面収差図を図46に示す。また、本実施例23で、様々な原因に起因して光学系で発生した球面収差の変動をカップリングレンズを光軸に沿って動かすことにより補正した結果を表35に示す。また、本実施例の

30 光学系は、片側の面に2層の記録層を有する光情報記録媒体に対する記録および／または再生が可能である。第1の記録層の透明基板厚さは0.1mm、第2の記録層の透明基板厚さは0.2mmである。表35にあるように、この透明基板厚さの違いにより発生する球面収差をカップリングレンズを光軸方向に沿って動かすことで補正している。カップリングレンズの変移量を大きくすることで3層以上の記録層を有する光情報記録媒体に対する記録および／または再生も可能である。

## 【0259】

40 【表23】

## 実施例23

NAOBJ=0.85, fobj=1.765, fobj+SA=3.609,  $\lambda=405\text{nm}$ 

面No	備考	r(mm)	d(mm)	N $\lambda$	$\nu$ d
1(非球面1)	光瞳	880.783	d0(可変)	1.52491	58.5
2(非球面2)	球面収差	-4.851	d2(可変)		
3(非球面3, 回折面1)	補正手段	2.001	0.000	1.52491	58.5
4(非球面4)	絞リ	24.912	0.575		
5(非球面5)	対物レンズ	0.982	1.088	1.52491	58.5
6		-5.337	0.150		
7	透明基板	$\infty$	d9(可変)	1.61950	30.0
8		$\infty$			

## 非球面係数

## 非球面1

K	1.81947E+05
A4	5.49647E-03
A6	1.06005E-03
A8	-7.55968E-05
A10	-4.48478E-04

## 非球面2

K	-1.95697E+00
A4	2.01267E-03
A6	1.34232E-03
A8	-1.65037E-04
A10	-2.31114E-04

## 非球面3

K	-1.02470E-01
A4	-5.55460E-03
A6	-1.56370E-03
A8	-4.59190E-04
A10	-9.07300E-05
A12	-4.81230E-06
A14	9.78340E-08
A16	-3.02730E-08

## 非球面4

K	-3.54211E+02
A4	2.87649E-03
A6	7.13128E-04
A8	2.32361E-03
A10	-2.71692E-03
A12	1.22473E-03

## 非球面5

K	-3.12587E-01
A4	2.15505E-02
A6	-3.40499E-02
A8	1.20851E-01
A10	-1.07335E-01

## 回折面係数

## 回折面1

b2	-1.54280E-02
b4	-1.87100E-04
b6	-4.34820E-04

【0260】

\* \* 【表24】

## 実施例12

球面収差変動の要因		補正後の波面収差	d2(可変)
基準状態 ( $\lambda = 405\text{nm}$ , $T = 25^\circ\text{C}$ , $t = 0.100\text{mm}$ )		0.001 $\lambda$	0.500
LDの波長変動	$\Delta \lambda = +10\text{nm}$	0.001 $\lambda$	0.487
	$\Delta \lambda = -10\text{nm}$	0.003 $\lambda$	0.515
温度変化	$\Delta T = +30^\circ\text{C}$	0.005 $\lambda$	0.543
	$\Delta T = -30^\circ\text{C}$	0.008 $\lambda$	0.457
透明基板厚さ誤差	$\Delta t = +0.02\text{mm}$	0.001 $\lambda$	0.287
	$\Delta t = -0.02\text{mm}$	0.002 $\lambda$	0.727

【0261】

※ ※ 【表25】

## 実施例13

球面収差変動の要因		補正後の波面収差	d2(可変)
基準状態 ( $\lambda = 405\text{nm}$ , $T = 25^\circ\text{C}$ , $t = 0.100\text{mm}$ )		0.001 $\lambda$	1.500
LDの波長変動	$\Delta \lambda = +10\text{nm}$	0.001 $\lambda$	1.411
	$\Delta \lambda = -10\text{nm}$	0.001 $\lambda$	1.586
温度変化	$\Delta T = +30^\circ\text{C}$	0.007 $\lambda$	1.562
	$\Delta T = -30^\circ\text{C}$	0.008 $\lambda$	1.438
透明基板厚さ誤差	$\Delta t = +0.02\text{mm}$	0.005 $\lambda$	1.047
	$\Delta t = -0.02\text{mm}$	0.005 $\lambda$	1.991

【0262】

【表26】

実施例14

球面収差変動の要因		補正後の波面収差	d2(可変)
基準状態 ( $\lambda = 405\text{nm}$ , $T = 25^\circ\text{C}$ , $t = 0.100\text{mm}$ )		$0.001\lambda$	0.500
LDの波長変動	$\Delta\lambda = +10\text{nm}$	$0.001\lambda$	0.478
	$\Delta\lambda = -10\text{nm}$	$0.001\lambda$	0.524
温度変化	$\Delta T = +30^\circ\text{C}$	$0.003\lambda$	0.473
	$\Delta T = -30^\circ\text{C}$	$0.004\lambda$	0.524
透明基板厚さ誤差	$\Delta t = +0.02\text{mm}$	$0.006\lambda$	0.251
	$\Delta t = -0.02\text{mm}$	$0.007\lambda$	0.772

【0263】

\* \* 【表27】

実施例15

球面収差変動の要因		補正後の波面収差	d0(可変)	d3(可変)
基準状態 ( $\lambda = 405\text{nm}$ , $T = 25^\circ\text{C}$ , $t = 0.100\text{mm}$ )		$0.001\lambda$	6.536	6.484
LDの波長変動	$\Delta\lambda = +10\text{nm}$	$0.001\lambda$	6.541	6.459
	$\Delta\lambda = -10\text{nm}$	$0.001\lambda$	6.536	6.482
温度変化	$\Delta T = +30^\circ\text{C}$	$0.003\lambda$	6.583	6.417
	$\Delta T = -30^\circ\text{C}$	$0.004\lambda$	6.488	6.512
透明基板厚さ誤差	$\Delta t = +0.02\text{mm}$	$0.008\lambda$	6.317	6.893
	$\Delta t = -0.02\text{mm}$	$0.007\lambda$	6.782	6.238

【0264】

\* \* 【表28】

実施例16

球面収差変動の要因		補正後の波面収差	d0(可変)	d2(可変)
基準状態 ( $\lambda = 405\text{nm}$ , $T = 25^\circ\text{C}$ , $t = 0.100\text{mm}$ )		$0.001\lambda$	11.580	5.000
LDの波長変動	$\Delta\lambda = +10\text{nm}$	$0.002\lambda$	11.498	5.084
	$\Delta\lambda = -10\text{nm}$	$0.003\lambda$	11.622	4.938
温度変化	$\Delta T = +30^\circ\text{C}$	$0.004\lambda$	11.690	4.870
	$\Delta T = -30^\circ\text{C}$	$0.005\lambda$	11.431	5.129
透明基板厚さ誤差	$\Delta t = +0.02\text{mm}$	$0.011\lambda$	11.120	5.440
	$\Delta t = -0.02\text{mm}$	$0.011\lambda$	12.025	4.535

【0265】

★ 【0267】

【表29】

【表31】

実施例17

球面収差変動の要因		補正後の波面収差	d2(可変)
基準状態 ( $\lambda = 405\text{nm}$ , $T = 25^\circ\text{C}$ , $t = 0.100\text{mm}$ )		$0.001\lambda$	1.500
LDの波長変動	$\Delta\lambda = +10\text{nm}$	$0.003\lambda$	1.500
	$\Delta\lambda = -10\text{nm}$	$0.003\lambda$	1.492
温度変化	$\Delta T = +30^\circ\text{C}$	$0.005\lambda$	1.795
	$\Delta T = -30^\circ\text{C}$	$0.006\lambda$	1.211
透明基板厚さ誤差	$\Delta t = +0.02\text{mm}$	$0.007\lambda$	0.280
	$\Delta t = -0.02\text{mm}$	$0.007\lambda$	2.892

実施例19

球面収差変動の要因		補正後の波面収差	d2(可変)
基準状態 ( $\lambda = 405\text{nm}$ , $T = 25^\circ\text{C}$ , $t = 0.100\text{mm}$ )		$0.001\lambda$	1.500
LDの波長変動	$\Delta\lambda = +10\text{nm}$	$0.002\lambda$	1.333
	$\Delta\lambda = -10\text{nm}$	$0.002\lambda$	1.857
温度変化	$\Delta T = +30^\circ\text{C}$	$0.007\lambda$	1.728
	$\Delta T = -30^\circ\text{C}$	$0.007\lambda$	1.273
透明基板厚さ誤差	$\Delta t = +0.02\text{mm}$	$0.006\lambda$	0.188
	$\Delta t = -0.02\text{mm}$	$0.004\lambda$	2.965

30

【0266】

【0268】

【表30】

【表32】

実施例18

球面収差変動の要因		補正後の波面収差	d2(可変)
基準状態 ( $\lambda = 405\text{nm}$ , $T = 25^\circ\text{C}$ , $t = 0.100\text{mm}$ )		$0.001\lambda$	1.500
LDの波長変動	$\Delta\lambda = +10\text{nm}$	$0.002\lambda$	1.422
	$\Delta\lambda = -10\text{nm}$	$0.003\lambda$	1.577
温度変化	$\Delta T = +30^\circ\text{C}$	$0.005\lambda$	1.693
	$\Delta T = -30^\circ\text{C}$	$0.005\lambda$	1.308
透明基板厚さ誤差	$\Delta t = +0.02\text{mm}$	$0.007\lambda$	0.543
	$\Delta t = -0.02\text{mm}$	$0.007\lambda$	2.563

★

実施例20

球面収差変動の要因		補正後の波面収差	d0(可変)	d2(可変)
基準状態 ( $\lambda = 405\text{nm}$ , $T = 25^\circ\text{C}$ , $t = 0.100\text{mm}$ )		$0.001\lambda$	8.188	4.812
LDの波長変動	$\Delta\lambda = +10\text{nm}$	$0.004\lambda$	8.211	4.789
	$\Delta\lambda = -10\text{nm}$	$0.003\lambda$	8.191	4.839
温度変化	$\Delta T = +30^\circ\text{C}$	$0.008\lambda$	8.308	4.694
	$\Delta T = -30^\circ\text{C}$	$0.008\lambda$	8.071	4.929
透明基板厚さ誤差	$\Delta t = +0.02\text{mm}$	$0.008\lambda$	7.941	5.059
	$\Delta t = -0.02\text{mm}$	$0.008\lambda$	8.444	4.556

【0269】

【表33】

実施例21

球面収差変動の要因		補正後の波面収差	dX(可変)	dZ(可変)
基準状態 ( $\lambda = 405\text{nm}$ , $T = 25^\circ\text{C}$ , $t = 0.100\text{mm}$ )		0.001 $\lambda$	7.990	5.010
LDの波長変動	$\Delta \lambda = +10\text{nm}$	0.002 $\lambda$	7.839	5.061
	$\Delta \lambda = -10\text{nm}$	0.002 $\lambda$	8.039	4.961
温度変化	$\Delta T = +30^\circ\text{C}$	0.003 $\lambda$	8.005	4.935
	$\Delta T = -30^\circ\text{C}$	0.003 $\lambda$	7.914	5.088
透明基板厚さ誤差	$\Delta t = +0.02\text{mm}$	0.010 $\lambda$	7.770	5.230
	$\Delta t = -0.02\text{mm}$	0.010 $\lambda$	8.216	4.784

【0270】

\* 【0271】

【表34】

【表35】

実施例22

球面収差変動の要因	補正後の波面収差	dX(可変)	dZ(可変)
基準状態 ( $\lambda = 405\text{nm}$ , $T = 25^\circ\text{C}$ , $t = 0.100\text{mm}$ )	0.001 $\lambda$	3.000	0.100
LDの波長変動 $\Delta \lambda = +10\text{nm}$	0.001 $\lambda$	2.882	0.100
$\Delta \lambda = -10\text{nm}$	0.003 $\lambda$	3.118	0.100
温度変化 $\Delta T = +30^\circ\text{C}$	0.006 $\lambda$	3.067	0.100
$\Delta T = -30^\circ\text{C}$	0.008 $\lambda$	2.913	0.100
透明基板厚さ誤差	0.005 $\lambda$	0.528	0.200

10

\*

実施例23

球面収差変動の要因		補正後の波面収差	dX(可変)	dZ(可変)	dS(可変)
基準状態 ( $\lambda = 405\text{nm}$ , $T = 25^\circ\text{C}$ , $t = 0.100\text{mm}$ )		0.005 $\lambda$	8.405	4.595	0.100
LDの波長変動	$\Delta \lambda = +10\text{nm}$	0.004 $\lambda$	8.439	4.571	0.100
	$\Delta \lambda = -10\text{nm}$	0.008 $\lambda$	8.379	4.621	0.100
温度変化	$\Delta T = +30^\circ\text{C}$	0.005 $\lambda$	8.621	4.479	0.100
	$\Delta T = -30^\circ\text{C}$	0.013 $\lambda$	8.280	4.710	0.100
透明基板厚さ誤差		0.018 $\lambda$	7.185	5.815	0.200

【0272】

※ ※ 【表36】

対物レンズ実施例	1	2	3	4	5	6	7	8	9
f(mm)	1.76	1.76	1.76	1.76	1.76	1.76	1.76	1.76	1.76
NA	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85
$\lambda$ (nm)	405	405	405	405	405	405	405	405	405
WD(mm)	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
ENP(mm)	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
WD/ENP	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
WD/f	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
f1/f2	2.17	1.84	1.15	3.03	2.17	2.41	2.30	2.01	1.15
$(r2+r1)/(r2-r1)$	1.19	1.15	1.17	2.70	0.38	1.17	1.13	1.22	1.16
$(X1'-X3')/((NA)^4 \cdot f)$	-0.01	0.00	-0.01	-0.01	-0.02	-0.01	-0.01	0.00	0.02
$f \cdot \lambda \cdot \Sigma (n/(M \cdot p^3))$	-	-	-	-	-	0.20	0.05	0.20	0.23

対物レンズ実施例	10	11	24	25	26	27	28	29
f(mm)	1.76	1.76	2.20	1.76	1.76	1.76	1.76	1.88
NA	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.85	0.80
$\lambda$ (nm)	405	405	405	405	405	405	405	405
WD(mm)	0.15	0.15	0.30	0.24	0.25	0.10	0.28	0.15
ENP(mm)	3.00	3.00	3.74	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
WD/ENP	0.05	0.05	0.08	0.08	0.08	0.03	0.09	0.05
WD/f	0.09	0.09	0.14	0.14	0.14	0.06	0.16	0.08
f1/f2	2.70	2.00	2.65	2.85	2.15	0.73	5.01	2.48
$(r2+r1)/(r2-r1)$	3.10	0.35	1.75	1.69	1.66	0.65	2.59	1.34
$(X1'-X3')/((NA)^4 \cdot f)$	0.00	-0.01	-0.02	-0.03	-0.01	0.04	-0.06	-0.02
$f \cdot \lambda \cdot \Sigma (n/(M \cdot p^3))$	0.20	0.15	-	-	-	-	-	-

【0273】また、実施例12～23における上述の各  
条件式の値を表37に示す。

★ 【表37】

実施例	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
球面収差補正手段	ビームエキスパンダー		カップリングレンズ		ビームエキスパンダー		カップリングレンズ		ビームエキスパンダー		カップリングレンズ	
構成	2群2枚		1群2枚		2群2枚		1群1枚		2群2枚		1群1枚	
材料	ガラス		プラスチック		ガラス		プラスチック		プラスチック		プラスチック	
$\delta$ 倍 ( $\mu\text{m}$ )	0.12	0.03	0.10	0.00	0.04	0.01	0.09	0.03	0.10	0.04	0.04	0.10
$ \delta \text{倍} \cdot \text{NA}^4  \leq 0.25 (\mu\text{m})$	0.09	0.02	0.07	0.00	0.03	0.01	0.07	0.02	0.07	0.03	0.03	0.07
$0.20 \leq n \cdot f_0 \cdot \lambda \cdot \Sigma (n/(M \cdot p^3)) \leq 1.00$	-	-	-	-	0.82	-	-	-	-	0.25	-	-

【0275】(実施例24, 25, 26)

【0276】実施例24, 25, 26についてのレンズデータを表38, 39, 40にそれぞれ示す。いずれの実施例においても非球面プラスチックレンズを2枚組み合わせるとNAが0.85の対物レンズを得ている。

【0277】

【表38】

実施例24

 $\lambda$  405nm

NA 0.85

面番号		r(mm)	d(mm)	$N_d$	$\nu_d$
1	絞り				
2(非球面1)	対物レンズ	2.454	2.850	1.52491	56.5
3(非球面2)		8.957	0.100		
4(非球面3)		1.108	1.400	1.52491	56.5
5		$\infty$	0.300		
6	透明基板	$\infty$	0.100	1.61949	30.0
7		$\infty$	0.000		

非球面係数

非球面1

$K$	-1.4194E-01
$A_4$	-2.2034E-03
$A_6$	1.5180E-04
$A_8$	-2.5653E-04
$A_{10}$	-3.5698E-05
$A_{12}$	2.1881E-06
$A_{14}$	8.7335E-06
$A_{16}$	-1.9481E-06

非球面2

$K$	3.7095E+01
$A_4$	7.5947E-03
$A_6$	-9.4569E-03
$A_8$	-2.8912E-03
$A_{10}$	4.7391E-03
$A_{12}$	-1.9974E-03

非球面3

$K$	-7.1132E-01
$A_4$	6.5324E-02
$A_6$	-1.5684E-02
$A_8$	5.4890E-02
$A_{10}$	-1.9670E-02

【0278】

【表39】

10

20

30

40

実施例25

 $\lambda$  405nm

NA 0.85

面番号		r(mm)	d(mm)	$N_d$	$\nu_d$
1	絞り				
2(非球面1)	対物レンズ	2.074	2.400	1.52491	56.5
3(非球面2)		8.053	0.100		
4(非球面3)		0.883	1.100	1.52491	56.5
5		$\infty$	0.240		
6	透明基板	$\infty$	0.100	1.61949	30.0
7		$\infty$	0.000		

非球面係数

非球面1

$K$	-1.2955E-01
$A_4$	-3.7832E-03
$A_6$	5.1667E-04
$A_8$	-1.1780E-03
$A_{10}$	-2.0628E-04
$A_{12}$	2.5941E-05
$A_{14}$	1.4917E-04
$A_{16}$	-5.1578E-05

非球面2

$K$	4.7554E+01
$A_4$	1.3641E-02
$A_6$	-2.9201E-02
$A_8$	-9.3338E-03
$A_{10}$	3.3011E-02
$A_{12}$	-2.2626E-02

非球面3

$K$	-7.1425E-01
$A_4$	1.3647E-01
$A_6$	-5.3414E-02
$A_8$	3.0289E-01
$A_{10}$	-1.6898E-01

【0279】

【表40】

実施例26

 $\lambda$  405nm

NA 0.85

面番号		r(mm)	d(mm)	$N_d$	$\nu_d$
1	絞り				
2(非球面1)	対物レンズ	1.778	2.000	1.52491	56.5
3(非球面2)		7.120	0.100		
4(非球面3)		0.975	1.100	1.52491	56.5
5		$\infty$	0.253		
6	透明基板	$\infty$	0.100	1.61949	30.0
7		$\infty$	0.000		

非球面係数

非球面1

$K$	-1.8058E-01
$A_4$	-5.8021E-03
$A_6$	1.2586E-03
$A_8$	-1.6003E-03
$A_{10}$	-4.1637E-04
$A_{12}$	3.3619E-05
$A_{14}$	1.7795E-04
$A_{16}$	-6.8205E-05

非球面2

$K$	3.3791E+01
$A_4$	2.1872E-02
$A_6$	-2.4130E-02
$A_8$	-1.2718E-02
$A_{10}$	2.2673E-02
$A_{12}$	-1.3787E-02

非球面3

$K$	-7.7858E-01
$A_4$	1.2025E-01
$A_6$	-5.8633E-02
$A_8$	1.9722E-01
$A_{10}$	-1.1483E-01

【0280】各実施例24, 25, 26について図5

0, 図52, 図54に光路図を示し、図51, 図53, 図55に球面収差図及び非点収差図をそれぞれ示す。プラスチック材料はポリオレフィン系樹脂であり、比重は約1.0, 飽和吸水率は0.01%以下であり、その結果、ガラス製のレンズ2枚を組み合わせると対物レンズの重量の半分以上にすることができ、NAが0.85と大きいにもかかわらず、約0.02~0.04g(鏡枠含

50

まず)とすることができた。各表38～40に示したとおり、第1面から第3面を非球面としている。さらに、2枚構成でNAが0.85と大きい対物レンズにもかかわらず、ワーキングディスタンスを大きく確保している。

【0281】また、各実施例24, 25, 26の基準状態(温度25℃、波長405nm)及び±30℃の温度変化時及び±10nmの波長変化時の波面収差の値を表42に示す。これからわかるように、いずれの実施例に\*

実施例一覧表

実施例	24	25	26
f (mm)	2.200	1.765	1.765
NA	0.85	0.85	0.85
$\lambda$ (nm)	405	405	405
ENP (mm)	3.74	3.00	3.00
WD (mm)	0.30	0.24	0.25
$\nu d1$	56.5	56.5	56.5
$\nu d2$	56.5	56.5	56.5
$0.09 \leq WD/f \leq 0.24$	0.14	0.14	0.14
$0.07 \leq WD/ENP \leq 0.20$	0.08	0.08	0.08
$1.1 \leq f1/f2 \leq 5.0$	2.7	2.9	2.2
$0.3 \leq (r2+r1)/(r2-r1) \leq 4.8$	1.8	1.7	1.7

【0283】

※20※【表42】

温度変化時及び波長変化時の波面収差

実施例	24	25	26
基準状態(T=25℃, $\lambda=405nm$ )	0.004 $\lambda$	0.004 $\lambda$	0.003 $\lambda$
$\Delta T=+30^\circ C$	0.019 $\lambda$	0.017 $\lambda$	0.009 $\lambda$
$\Delta T=-30^\circ C$	0.019 $\lambda$	0.015 $\lambda$	0.015 $\lambda$
$\Delta \lambda=+10nm$	0.006 $\lambda$	0.006 $\lambda$	0.002 $\lambda$
$\Delta \lambda=-10nm$	0.006 $\lambda$	0.007 $\lambda$	0.008 $\lambda$

【0284】(実施例27, 28, 29)

★合わせてNAが0.85、0.80の対物レンズを得ている。

【0285】実施例27, 28, 29についてのレンズデータを表43, 44, 45にそれぞれ示す。いずれの

【0286】

実施例においても非球面プラスチックレンズを2枚組み★30

【表43】

実施例27

NA0.85, f1.76,  $\lambda$  405nm

面番号	備考	r(mm)	d(mm)	N $\lambda$	$\nu d$
0	絞り		0.000		
1	対物レンズ	1.484	1.930	1.52491	56.5
2		-6.976	0.100		
3		1.532	1.100	1.52491	56.5
4		7.612	0.103		
5	透明基板	$\infty$	0.100	1.61950	30.0
6		$\infty$			

非球面係数

	第1面	第2面	第3面
K	-3.15821E-01	-1.96646E+02	-2.18891E+00
A4	-7.42369E-03	9.81444E-03	8.91751E-02
A6	-1.28636E-03	-2.35743E-03	-7.91219E-02
A8	-1.53410E-03	2.70656E-04	1.08852E-01
A10	-1.08655E-04	-3.91136E-03	-5.75598E-02
A12	-5.15232E-06	1.65621E-03	
A14	1.89150E-05		
A16	-3.48696E-05		

【0287】

【表44】



87  
実施例28NA0.85, f1.76,  $\lambda$  405nm

面番号	備考	r(mm)	d(mm)	N $\lambda$	$\nu$ d
0	絞り		0.000		
1	対物レンズ	2.658	2.750	1.52491	56.5
2		5.997	0.300		
3		0.742	1.100	1.52491	56.5
4		$\infty$	0.278		
5	透明基板	$\infty$	0.100	1.61950	30.0
6		$\infty$			

## 非球面係数

	第1面	第2面	第3面
$\kappa$	1.02398E-01	-4.87682E+00	-7.86356E-01
A4	6.92273E-04	3.27502E-02	1.95462E-01
A6	1.80384E-03	-1.27613E-02	-8.49504E-02
A8	-1.95638E-03	4.38628E-03	5.21150E-01
A10	1.17276E-04	-6.76883E-03	-2.22948E-01
A12	1.46133E-04	1.04086E-03	
A14	9.36437E-06		
A16	-1.65788E-05		

【0288】

\* \* 【表45】

## 実施例29

NA0.80, f1.88,  $\lambda$  405nm

面番号	備考	r(mm)	d(mm)	N $\lambda$	$\nu$ d
0	絞り		0.000		
1	対物レンズ	2.208	2.500	1.52491	56.5
2		15.380	0.100		
3		0.976	1.300	1.52491	56.5
4		$\infty$	0.189		
5	透明基板	$\infty$	0.100	1.61950	30.0
6		$\infty$			

## 非球面係数

	第1面	第2面	第3面
$\kappa$	-2.33581E-01	1.13940E+02	-9.50388E-01
A4	-2.43201E-03	1.36912E-02	1.30447E-01
A6	1.12674E-03	-9.93318E-03	-1.13223E-02
A8	-1.07623E-03	-8.94324E-03	1.36748E-01
A10	-1.20538E-05	1.28839E-02	-5.56816E-02
A12	7.71852E-05	-5.63917E-03	
A14	1.15301E-05		
A16	-9.32159E-06		

【0289】各実施例27, 28, 29について図56, 図58, 図60に光路図を示し、図57, 図59, 図61に球面収差図及び非点収差図をそれぞれ示す。また、各条件式の値を表36に示す。プラスチック材料はポリオレフィン系樹脂であり、比重は約1.0, 飽和吸水率は0.01%以下であり、その結果、ガラス製のレンズ2枚を組み合わせた対物レンズの重量の半分に以下にすることができ、NAが0.85, 0.80と大きいにもかかわらず、約0.02~0.04g(鏡枠含まず)とすることができた。各表43~45に示したとおり、第1面から第3面を非球面としている。さらに、2枚構成でNAが0.85, 0.80と大きい対物レンズにもかかわらず、ワーキングディスタンスを大きく確保している。

【0290】なお、上述の各表のレンズデータ及び図面において、10のべき乗数(例えば $2.5 \times 10^{-3}$ )を、Eまたはe(例えば $2.5 \times E^{-3}$ )を用いて表す場合がある。

【0291】なお、上述の各表のレンズデータにおいて、NA<sub>OBJ</sub>は対物レンズの像側開口数、f<sub>OBJ</sub>は対物レンズの無限遠物体での焦点距離(mm)、f<sub>OBJ-SA</sub>は対

30 物レンズと球面収差補正手段との合成系の焦点距離(mm)、 $\lambda$ は設計基準波長を表す。

【0292】次に、本発明による実施の形態としての光ピックアップ装置を図47により説明する。

【0293】図47の光ピックアップ装置は、本発明による上述のプラスチックレンズ1a、1bを保持部材1cで一体に保持した2群2枚構成の対物レンズ1と、光源である半導体レーザ3と、光源3から射出される発散光の発散角を変換するカップリングレンズ2と、光情報記録媒体の情報記録面5からの反射光を受光する光検出器4とを備えている。対物レンズ1はカップリングレンズ2からの光束を光情報記録媒体の情報記録面5に集光する。

【0294】図47の光ピックアップ装置は、更に、情報記録面5からの反射光を光検出器4に向けて分離する偏光ビームスプリッタ6と、カップリングレンズ2と対物レンズ1との間に配置された1/4波長板7と、対物レンズ1に前置された絞り8と、シリンダリカルレンズ9と、フォーカス・トラッキング用の2軸アクチュエータ10とを備える。つまり、本実施形態において、集光光学系は、偏光ビームスプリッタと、カップリングレン

ズと、1/4波長板と、対物レンズと、絞りとを有するものである。なお、本実施形態においては、偏光ビームスプリッタは、集光光学系に含まれないものと見なしてもよい。

【0295】また、対物レンズ1は、その保持部材1cの外周に光軸に対し垂直方向に延びた面を持つフランジ部1dを有する。このフランジ部1dにより、対物レンズ1を光ピックアップ装置に精度よく取付けることができる。

【0296】そして、カップリングレンズ2は、入射された発散光束を光軸に対して、ほぼ平行光束にするコリメートレンズであっても良い。この場合は、コリメートレンズ2からの出射光束がほぼ平行光となるように、光源3もしくはコリメートレンズ2を、コリメートレンズの光軸方向に移動調整可能にすることが望ましい。

【0297】以上のように、本発明の光ピックアップ装置は、光源からの発散光束をほぼ平行光に変換するためのコリメートレンズと、該平行光を情報記録面に集光するための対物レンズとで構成しても良く、また、光源からの発散光束の角度を変えて発散光束又は収束光束に変換するための変換レンズであるカップリングレンズと、該カップリングレンズからの光束を情報記録面に集光するための対物レンズとで構成しても良い。また、光源からの発散光束を情報記録面に集光するための対物レンズ（有限共役型対物レンズ）のみで構成しても良い。

【0298】そして、このような光ピックアップ装置に本発明による対物レンズを使用することにより、光ディスク用の高密度記録再生が可能な光ピックアップ装置を得ることが出来る。

【0299】次に、図48に、図47の光ピックアップ装置に、球面収差補正手段としてカップリングレンズ2を光軸方向に沿って変移させるための1軸アクチュエータ11を備えさせた光ピックアップ装置を示す。

【0300】図48に示すように、変移装置としての1軸アクチュエータ11によって、カップリングレンズを光軸方向に適切な量だけ変移させて対物レンズ1に入射する光束の発散角を変えることにより、光学系で生じた球面収差の変動をキャンセルすることが出来る。また、光源の半導体レーザ3の発振波長が変動した場合、温度或いは湿度が変化した場合、光情報記録媒体の保護層の厚み誤差に起因して光学系で球面収差が発生する場合等に、1軸アクチュエータ11でカップリングレンズ2を光軸方向に適切な量だけ変移させて対物レンズ1に入射する光束の発散角を変えることにより、光学系で生じた球面収差の変動をキャンセルすることが出来る。

【0301】また、本実施の形態において、カップリングレンズ2の少なくとも一方の光学面上には、光軸に対して略同心円状の回折パターンが設けられている。なお、略同心円状の回折パターンは、カップリングレンズ2の両面に設けられてもよいし、対物レンズ1の少なく

とも1つの光学面上に設けられてもよい。カップリングレンズ2の回折パターンは光軸に対して略同心円状としたが、これ以外の回折パターンが設けられていてもよい。カップリングレンズ2には上述したような略同心円状の回折パターンが光学面上に設けられていることにより、半導体レーザ3の発振波長に対して、対物レンズ1とは、逆符号で、かつその絶対値が略一致した軸上色収差を発生する。そのため、半導体レーザ3から出射された光束は、カップリングレンズ2および対物レンズ1を経ることによってほとんど軸上色収差なく光ディスクの情報記録面5上に集光される。

【0302】次に、本発明による別の実施の形態としての光ピックアップ装置の構成を図62により説明する。図62の光ピックアップ装置は光源としての半導体レーザ3と、カップリングレンズ2と、1枚の負レンズ12bと1枚の正レンズ12aとから構成される球面収差補正手段としてのビームエキスパンダ12と対物レンズ1とを有している。

【0303】図62のピックアップ装置では、ビームエキスパンダ12の負レンズ12bを1軸アクチュエータ11によって光軸方向に変移可能とすることで、集光光学系で発生する球面収差の変動を補正できるようにした。なお、本実施の形態では、負レンズ12bを光軸方向に可変としたが、正レンズ12aを光軸方向に可変としてもよいし、負レンズ12bと正レンズ12aの両方を光軸方向に可変としてもよい。

【0304】また、半導体レーザ3は波長400nm程度の光束を射出するGaN系青紫色レーザである。また、波長400nm程度の光束を射出する光源としては上記のGaN系青紫色レーザのほかに、SHG青紫色レーザであってもよい。

【0305】また、正レンズ12aの少なくとも一方の光学面上には、光軸に対して略同心円状の回折パターンが設けられている。なお、略同心円状の回折パターンは、正レンズ12aの両面に設けられてもよいし、負レンズ12bの少なくとも一方の光学面上に設けられてもよい。また、対物レンズ1の少なくとも1つの光学面上に設けられてもよいし、カップリングレンズ2の少なくとも1つの光学面上に設けられてもよい。正レンズ12aの回折パターンは光軸に対して略同心円状としたが、これ以外の回折パターンが設けられていてもよい。

【0306】図62のように、半導体レーザ3から出射された発散光束は、カップリングレンズ2によって平行光束に変換された後、偏光ビームスプリッタ6を透過し、1/4波長板7を経て円偏光となり、ビームエキスパンダ12を透過した後、対物レンズ1によって高密度記録用光ディスクの透明基板5'を介して情報記録面5上に形成されるスポットとなる。対物レンズ1は、その周辺に配置されたアクチュエータ10によってフォーカス制御およびトラッキング制御される。

【0307】情報記録面5で情報ピットにより変調された反射光束は、再び対物レンズ1、ビームエキスパンダ12、1/4波長板7を透過した後、偏光ビームスプリッタ6によって反射され、シリンドリカルレンズ9を経ることによって非点収差が与えられ、光検出器4に収束する。そして、光検出器4の出力信号を用いて情報記録面5に記録された情報を読み取ることができる。

【0308】本実施の形態において、温度あるいは湿度変化によりレンズ材料の屈折率あるいはレンズ形状が変化した場合、透明基板5'の厚さに誤差がある場合、半導体レーザ3の製造誤差によりその発振波長に誤差がある場合、集光光学系を構成するレンズに厚さの誤差がある場合には、情報記録面5上に集光された波面には球面収差（以下、球面収差Aと呼ぶ）が発生する。この球面収差Aが検出されると、1軸アクチュエータ11によって負レンズ12bを光軸方向に所定量変移させて、対物レンズ1に入射する光束の発散度を変化（すなわち、対物レンズ1の物点位置を変化）させ、球面収差（以下、球面収差Bと呼ぶ）を発生させる。このとき、球面収差Bの符号が球面収差Aとは逆であって、かつその絶対値が略一致するように負レンズ12bを変移させるので、情報記録面5上に集光される波面は球面収差Aと球面収差Bとが相殺補正された状態となる。

【0309】また、本実施の形態において、正レンズ12aには上述したような略同心円状の回折パターンが光学面上に設けられていることにより、半導体レーザ3の発振波長に対して、対物レンズ1とは、逆符号で、かつその絶対値が略一致した軸上色収差を発生する。そのため、半導体レーザ3から出射された光束は、正レンズ12aおよび対物レンズ1を経ることによってほとんど軸上色収差なく光ディスクの情報記録面5上に集光される。

【0310】なお、本発明において、ビームエキスパンダとは、少なくとも1つの正レンズを有する正レンズ群と、少なくとも1つの負レンズを有する負レンズ群とから構成され、略平行光束が入射した場合に、略平行光束を出射することのできる一般的によく知られた光学素子を指し、光束系を拡大するものでなく、光束系を縮小するもの、あるいは光束系が変化しないものも含まれる。そして、球面収差補正手段としては、上述の正レンズ群および/または負レンズ群に含まれるレンズのうち少なくとも1つのレンズを光軸方向に変移させた場合に、出射する光束の発散度が変化するビームエキスパンダを用いることができる。

#### 【0311】

【発明の効果】以上説明したように、請求項1～26に記載の発明によれば、対物レンズの高開口数（NA）化に対応し、高性能な対物レンズでありながら従来のプラスチックの単レンズと同様で安価で軽量の対物レンズを提供できる。また、プラスチック材料から形成された2

枚の正レンズからなる高NAの対物レンズであっても、利用可能な温度範囲が大きい光情報記録媒体の記録および/または再生用の対物レンズを提供できる。また、2枚の正レンズからなる高NAの対物レンズであっても、小径でかつワーキングディスタンスが大きい光情報記録媒体の記録および/または再生用の対物レンズを提供できる。また、500nm以下の短波長領域における内部透過率が高く、かつ飽和吸水率が小さいプラスチック材料から形成された、2枚の正レンズからなる高NAの対物レンズを提供できる。

【0312】また、請求項48～57に記載の発明によれば、レーザ光源のモードホップ現象や高周波重畳による対物レンズで発生する軸上色収差を補正可能な簡易で安価な構成のカップリングレンズを提供できる。

【0313】また、請求項27～47及び請求項68に記載の発明によれば、レーザ光源の発振波長変化、温度・湿度変化、光情報記録媒体の透明基板の厚みの誤差等に起因して光ピックアップ装置の各光学面で発生する球面収差の変動を簡易な構成で効果的に補正できる集光光学系及び光ピックアップ装置を提供できる。

【0314】また、請求項58～62及び請求項68に記載の発明によれば、レーザ光源のモードホップ現象や高周波重畳に起因して対物レンズで発生する軸上色収差を効果的に補正できる集光光学系及び光ピックアップ装置を提供できる。

【0315】更に、請求項63～69に記載の発明によれば、短波長レーザ光源と高開口数の対物レンズとを備える場合、透明基板を挟んで複数の記録層を有する光情報記録媒体に対して情報の記録または再生を行うことができる集光光学系、光ピックアップ装置及び記録・再生装置を提供できる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】実施例1に関する光路図である。

【図2】実施例1に関する球面収差図及び非点収差図である。

【図3】実施例2に関する光路図である。

【図4】実施例2に関する球面収差図及び非点収差図である。

【図5】実施例3に関する光路図である。

【図6】実施例3に関する球面収差図及び非点収差図である。

【図7】実施例4に関する光路図である。

【図8】実施例4に関する球面収差図及び非点収差図である。

【図9】実施例5に関する光路図である。

【図10】実施例5に関する球面収差図及び非点収差図である。

【図11】実施例6に関する光路図である。

【図12】実施例6に関する球面収差図及び非点収差図である。

- 【図 1 3】実施例 7 に関する光路図である。  
 【図 1 4】実施例 7 に関する球面収差図及び非点収差図である。  
 【図 1 5】実施例 8 に関する光路図である。  
 【図 1 6】実施例 8 に関する球面収差図及び非点収差図である。  
 【図 1 7】実施例 9 に関する光路図である。  
 【図 1 8】実施例 9 に関する球面収差図及び非点収差図である。  
 【図 1 9】実施例 10 に関する光路図である。  
 【図 2 0】実施例 10 に関する球面収差図及び非点収差図である。  
 【図 2 1】実施例 11 に関する光路図である。  
 【図 2 2】実施例 11 に関する球面収差図及び非点収差図である。  
 【図 2 3】実施例 12 に関する光路図である。  
 【図 2 4】実施例 12 に関する球面収差図である。  
 【図 2 5】実施例 13 に関する光路図である。  
 【図 2 6】実施例 13 に関する球面収差図である。  
 【図 2 7】実施例 14 に関する光路図である。  
 【図 2 8】実施例 14 に関する球面収差図である。  
 【図 2 9】実施例 15 に関する光路図である。  
 【図 3 0】実施例 15 に関する球面収差図である。  
 【図 3 1】実施例 16 に関する光路図である。  
 【図 3 2】実施例 16 に関する球面収差図である。  
 【図 3 3】実施例 17 に関する光路図である。  
 【図 3 4】実施例 17 に関する球面収差図である。  
 【図 3 5】実施例 18 に関する光路図である。  
 【図 3 6】実施例 18 に関する球面収差図である。  
 【図 3 7】実施例 19 に関する光路図である。  
 【図 3 8】実施例 19 に関する球面収差図である。  
 【図 3 9】実施例 20 に関する光路図である。  
 【図 4 0】実施例 20 に関する球面収差図である。  
 【図 4 1】実施例 21 に関する光路図である。  
 【図 4 2】実施例 21 に関する球面収差図である。  
 【図 4 3】実施例 22 に関する光路図である。  
 【図 4 4】実施例 22 に関する球面収差図である。

- \* 【図 4 5】実施例 23 に関する光路図である。  
 【図 4 6】実施例 23 に関する球面収差図である。  
 【図 4 7】本実施の形態による光ピックアップ装置を概略的に示す図である。  
 【図 4 8】図 4 7 の光ピックアップ装置の別の例を概略的に示す図である。  
 【図 4 9】式 (9) を説明するための 3 種類の対物レンズの球面収差図である。  
 【図 5 0】実施例 24 に関する光路図である。  
 【図 5 1】実施例 24 に関する球面収差図及び非点収差図である。  
 【図 5 2】実施例 25 に関する光路図である。  
 【図 5 3】実施例 25 に関する球面収差図及び非点収差図である。  
 【図 5 4】実施例 26 に関する光路図である。  
 【図 5 5】実施例 26 に関する球面収差図及び非点収差図である。  
 【図 5 6】実施例 27 に関する光路図である。  
 【図 5 7】実施例 27 に関する球面収差図及び非点収差図である。  
 【図 5 8】実施例 28 に関する光路図である。  
 【図 5 9】実施例 28 に関する球面収差図及び非点収差図である。  
 【図 6 0】実施例 29 に関する光路図である。  
 【図 6 1】実施例 29 に関する球面収差図及び非点収差図である。  
 【図 6 2】本発明による別の実施の形態としての光ピックアップ装置を概略的に示す図である。  
 【符号の説明】  
 1 対物レンズ  
 2 カップリングレンズ  
 3 半導体レーザ (光源)  
 4 光検出器  
 5 情報記録面  
 10 2 軸アクチュエータ  
 11 1 軸アクチュエータ (球面収差補正手段)

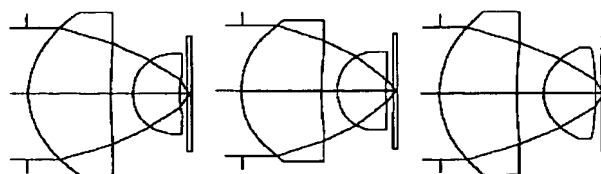
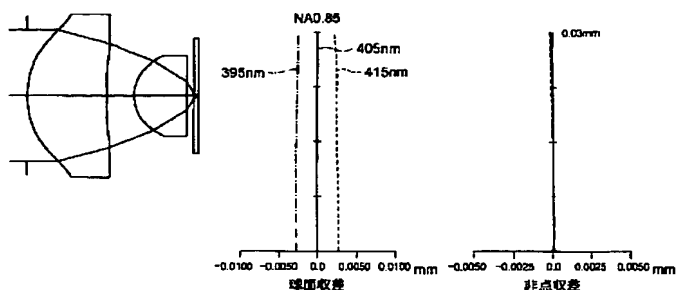
【図 1】

【図 2】

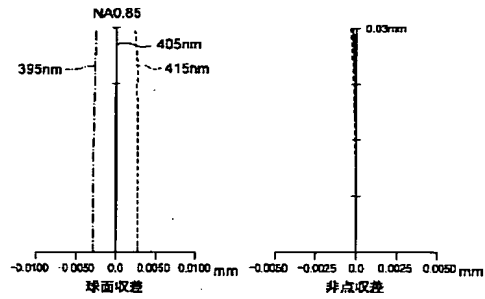
【図 3】

【図 5】

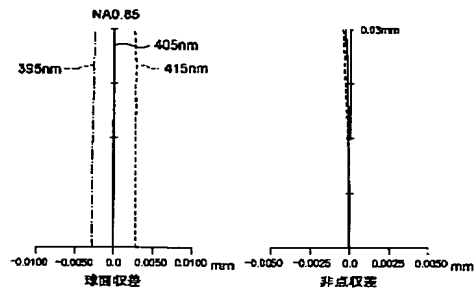
【図 11】



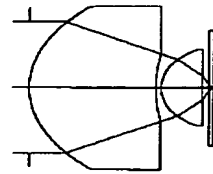
【図4】



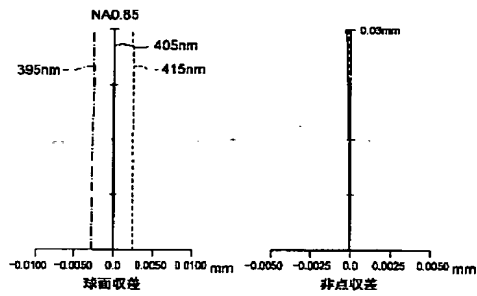
【図6】



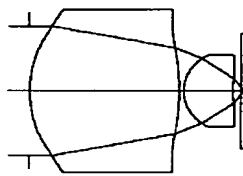
【図7】



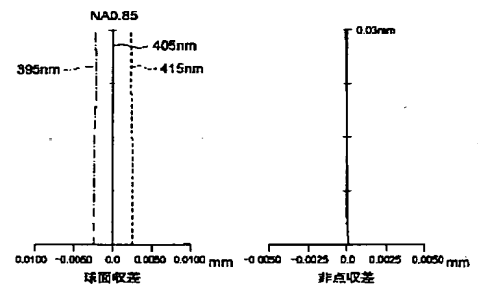
【図8】



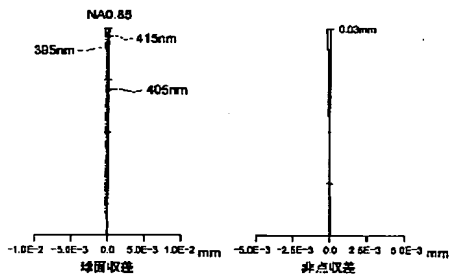
【図9】



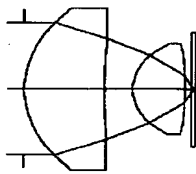
【図10】



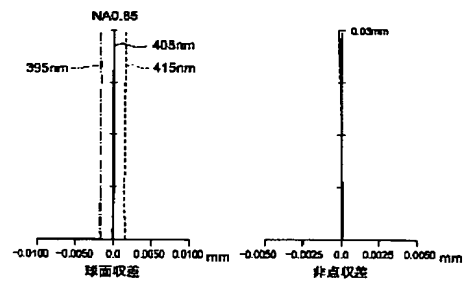
【図12】



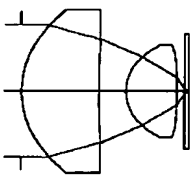
【図13】



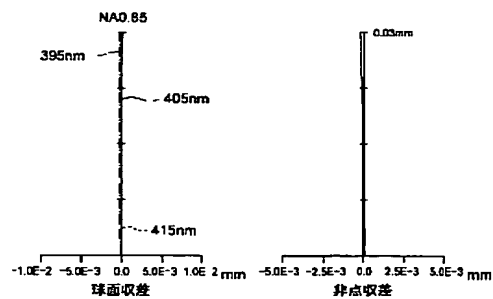
【図14】



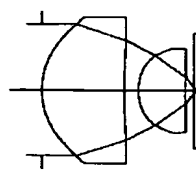
【図15】



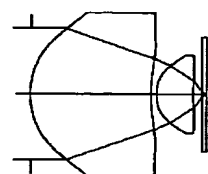
【図16】



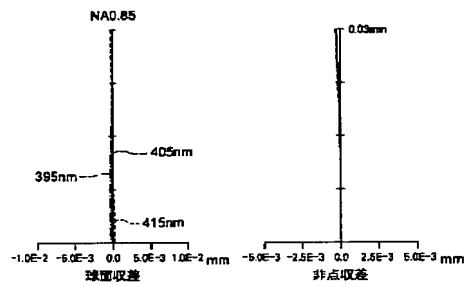
【図17】



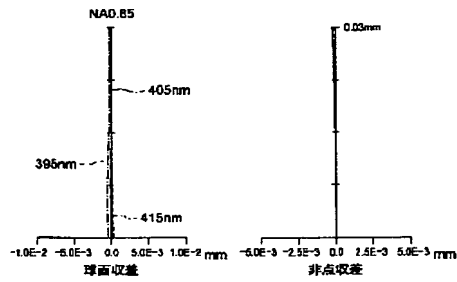
【図19】



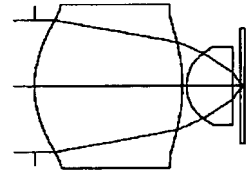
【図18】



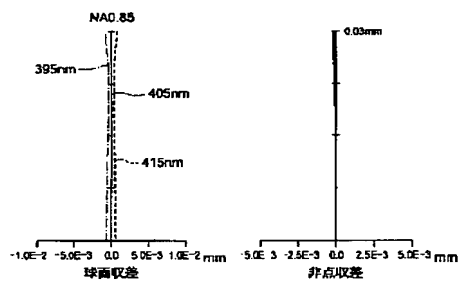
【図20】



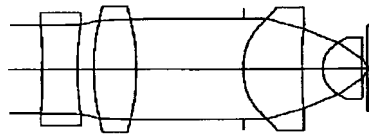
【図21】



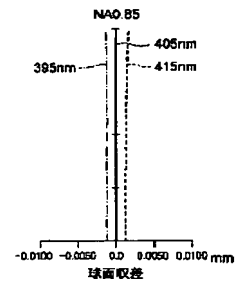
【図22】



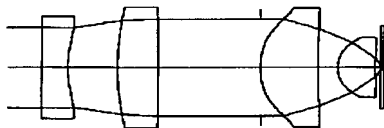
【図23】



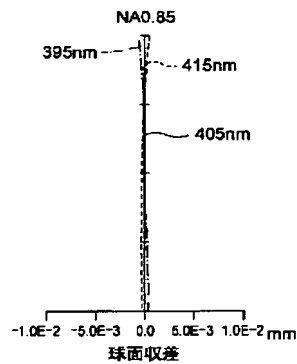
【図24】



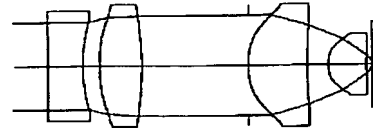
【図25】



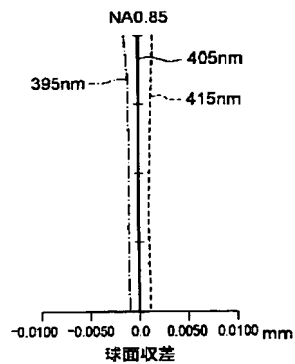
【図26】



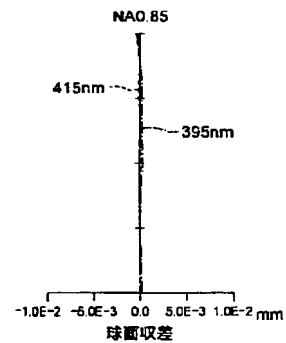
【図27】



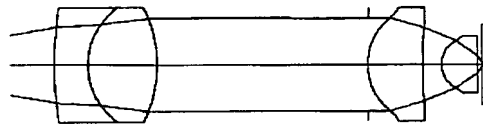
【図28】



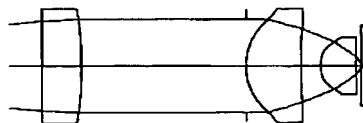
【図30】



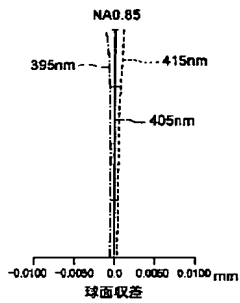
【図29】



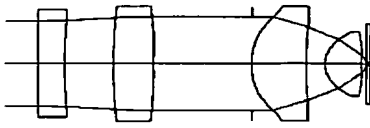
【図31】



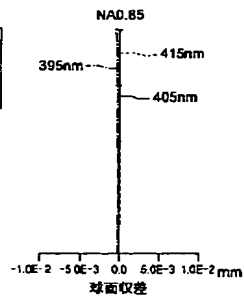
【図32】



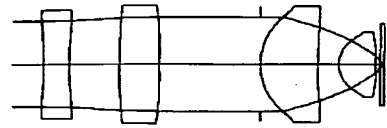
【図33】



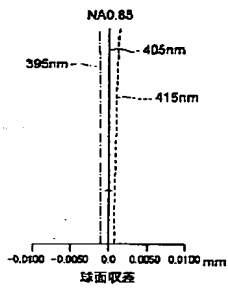
【図34】



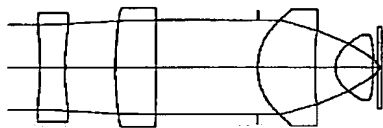
【図35】



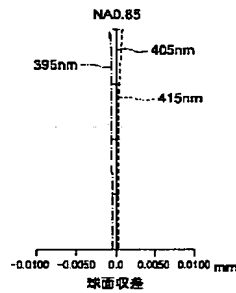
【図36】



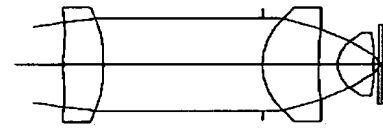
【図37】



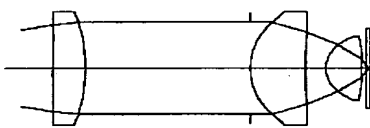
【図38】



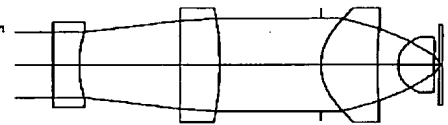
【図39】



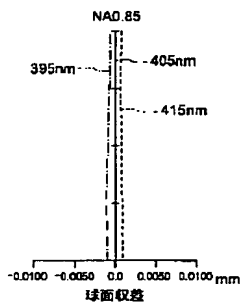
【図41】



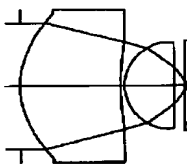
【図43】



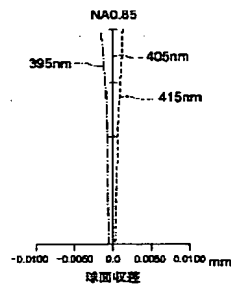
【図40】



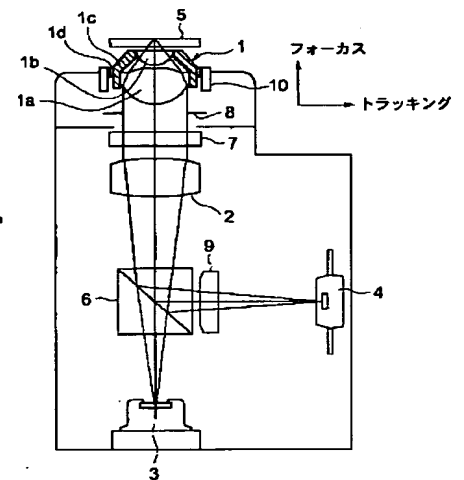
【図50】



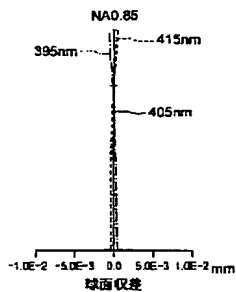
【図42】



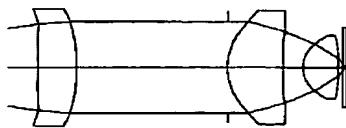
【図47】



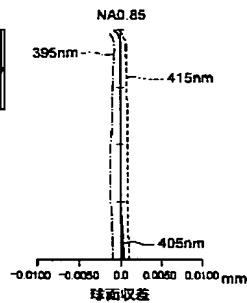
【図44】



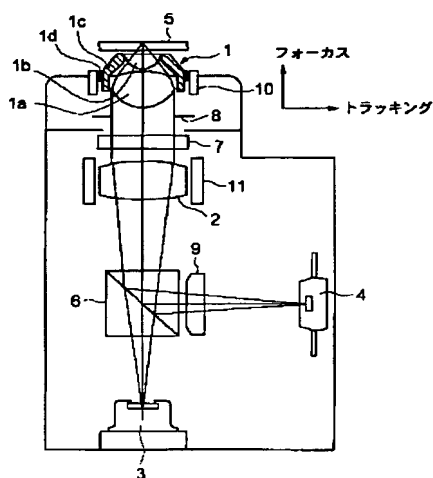
【図45】



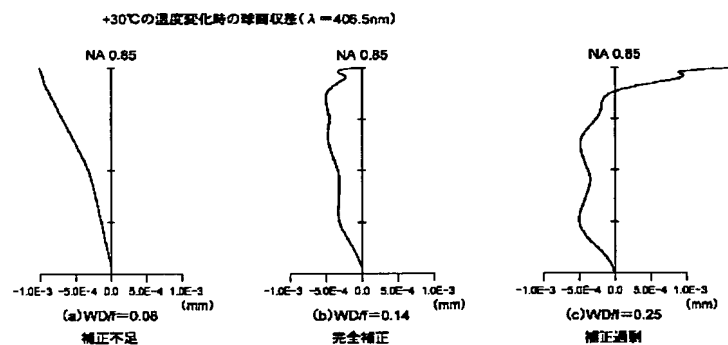
【図46】



【図48】

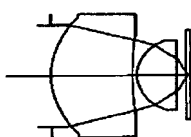


【図49】

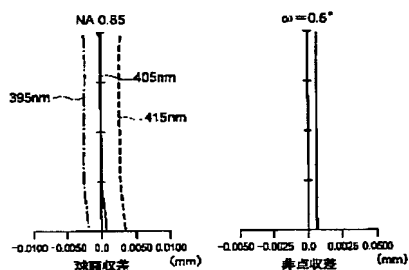


ただし、温度変化時の光線の波長変化量を+0.05nm/℃とした。

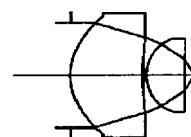
【図52】



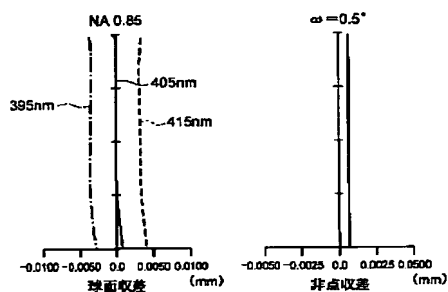
【図53】



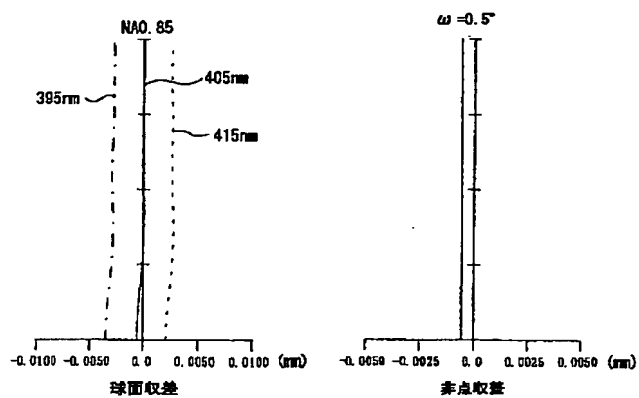
【図54】



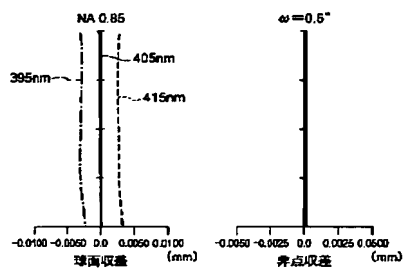
【図51】



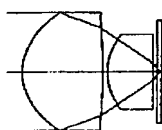
【図57】



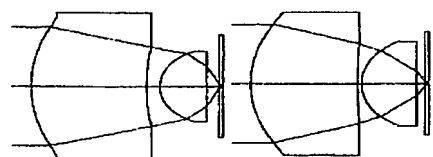
【図55】



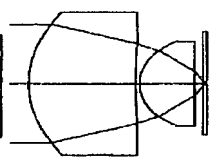
【図56】



【図58】

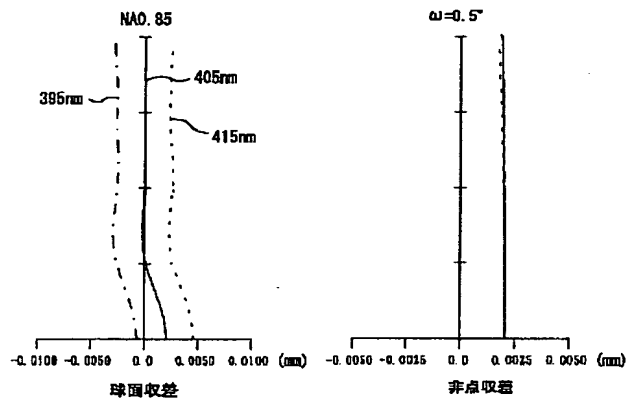


【図60】

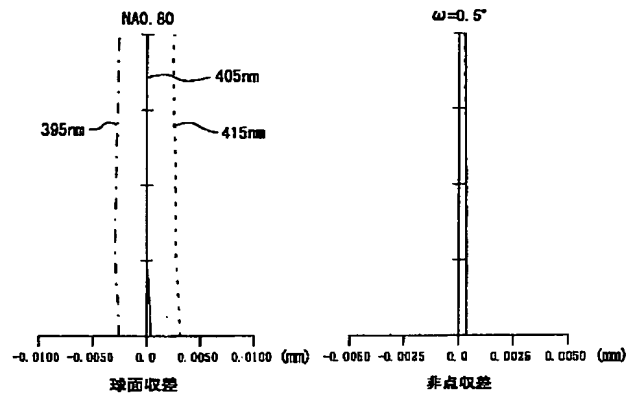




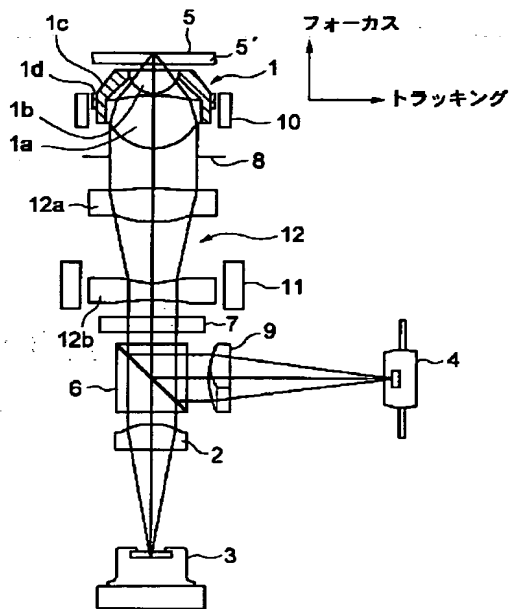
【図59】



【図61】



【図62】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>

G 0 2 B 5/18

13/18

G 1 1 B 7/135

7/24

識別記号

5 3 1

F I

G 0 2 B 5/18

13/18

G 1 1 B 7/135

7/24

テーマコード(参考)

A

Z

5 3 1 Z

F ターム(参考) 2G065 AB04 AB09 AB10 AB22 BA01  
BB06 BB10 BB14 BB32 BB33  
DA15 DA20  
2H049 AA04 AA16 AA43 AA57 AA68  
2H087 KA13 LA25 NA01 NA08 NA14  
PA01 PA02 PA17 PA18 PB01  
PB02 QA02 QA07 QA12 QA14  
QA21 QA22 QA33 QA34 QA37  
QA39 QA41 RA05 RA12 RA13  
RA28 RA32 RA46 UA01 UA09  
5D029 JB13 KB14  
5D119 AA22 BA01 EC01 EC03 JA02  
JA09 JA43 JA44 JB01 JB02  
JB03 JB04 JB06